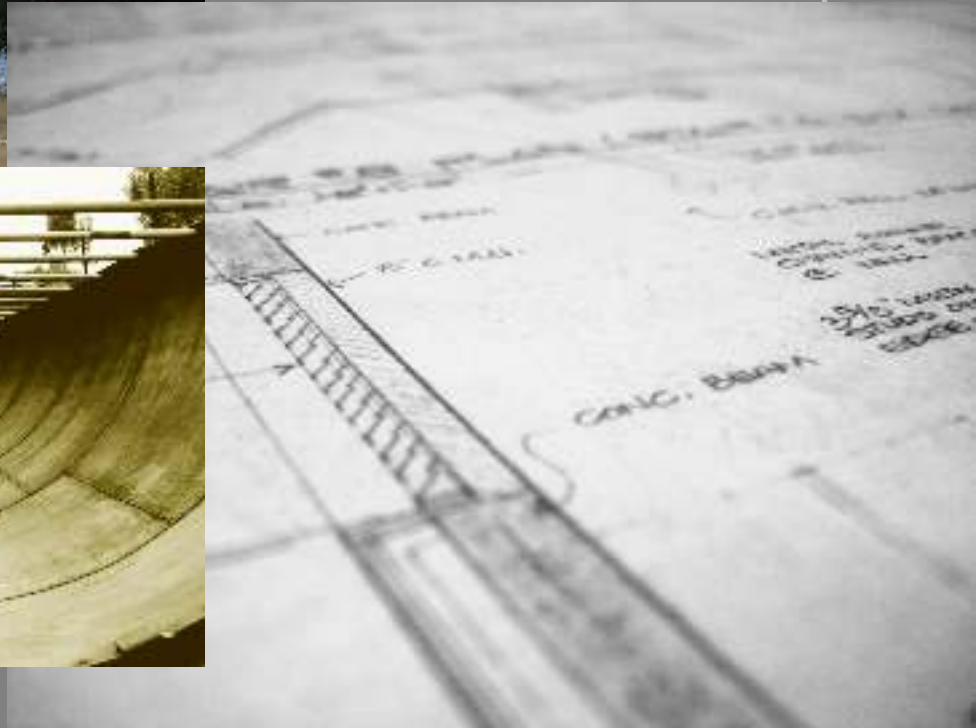


# INTEGRACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL

Evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado. Caso piloto: Renfe

PNACC Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



2014



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



# **Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial**

Guía metodológica para la evaluación de los  
impactos y la vulnerabilidad en el sector  
privado

Caso piloto. Renfe

**Madrid, 2014**





Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

**Autores:**

Kepa Solaun; Itxaso Gómez; Julie Urban; Fernando Liaño; Santiago Pereira; Alba Genovés  
Fundación CMAE - Factor CO<sub>2</sub>

**Coordinadores:**

Eduardo González; José Ramón Picatoste; Raquel Garza  
D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

**Revisores**

Mónica Gómez Royuela; Ana Pintó Fernández; Aída Velasco Munguira  
D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

**Colaboradores:**

Santos Núñez; Gabriel Castañares  
Renfe

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Impresión y encuadernación:**

NIPO: 280-14-167-6 (Línea)

**Distribución y venta:**

Paseo Infanta Isabel, 1  
28014 Madrid  
Teléfono: 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

Tienda virtual: [www.magrama.es](http://www.magrama.es)  
[centropublicaciones@magrama.es](mailto:centropublicaciones@magrama.es)

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe/>

A efectos bibliográficos este trabajo debe citarse como sigue:

Solaun, K., Gómez, I., Urban, J., Liaño, F., Pereira, S. & Genovês, A. 2014. *Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado Caso piloto: Renfe*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 77 pág.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente del MAGRAMA o de su personal.

# Índice general

1. Introducción	1
2. Análisis global	3
2.1. Retos del sector	5
2.2. Situación de partida de Renfe	8
2.3. Riesgos y oportunidades	10
2.4. Una visión estratégica	17
3. Metodología de análisis de vulnerabilidad	19
3.1. Metodología del análisis de riesgos climáticos.	20
3.2. Metodología de valoración de la capacidad de adaptación.	24
3.3. Metodología del análisis de vulnerabilidad.	25
4. Análisis de vulnerabilidad	28
4.1. Descripción del objeto de análisis de vulnerabilidad.	28
4.2. Proyecciones climáticas en la Comunidad Valenciana	30
4.3. Proyecciones climáticas en Cataluña	35
4.4. Síntesis de proyecciones climáticas para Cataluña y la Comunidad Valenciana	42
4.5. Análisis de riesgos	44
4.6. Análisis de vulnerabilidad	48
5. Conclusiones y recomendaciones	52
6. Referencias	57
Anexo. Cuestionario empleado para el análisis de detalle.	61

## Índice de tablas

Tabla 1: Impactos físicos derivados de las variaciones de la temperatura. _____	11
Tabla 2: Impactos físicos derivados de las lluvias torrenciales, tormentas y eventos extremos en general. _____	12
Tabla 3: Impactos físicos derivados de las fuertes nevadas. _____	13
Tabla 4: Impactos indirectos del cambio climático en Renfe. _____	14
Tabla 5: Actividades potencialmente afectadas en Renfe por riesgos regulatorios asociados a la adaptación al cambio climático. _____	16
Tabla 6. Grado de probabilidad de los impactos climáticos. _____	21
Tabla 7. Grado de consecuencia de los impactos climáticos. _____	22
Tabla 8. Matriz de índices de riesgo. _____	23
Tabla 9. Tipología de riesgos para la evaluación de acciones. _____	23
Tabla 10. Capacidad de adaptación. _____	25
Tabla 11. Vulnerabilidad del sistema a un determinado riesgo climático. _____	26
Tabla 12. Tipología de vulnerabilidad _____	27
Tabla 13: Proyecciones de elevación del nivel mar. _____	34
Tabla 14: Proyecciones climáticas para el conjunto de Cataluña. _____	40
Tabla 15: Proyecciones de aumento de temperaturas máximas estacionales para la zona de costa de Cataluña en el período 2081-2100. _____	41
Tabla 16: Proyecciones de variación de la precipitación estacional para la zona de costa de Cataluña el período 2081-2100. _____	41
Tabla 17: Proyecciones climáticas para Cataluña y la Comunidad Valenciana. _____	42
Tabla 18: Consecuencias posibles del cambio climático para la línea Alicante-Barcelona. _____	45
Tabla 19: Probabilidades de los impactos climáticos sobre la línea Alicante-Barcelona. _____	47
Tabla 20: Riesgos de los impactos climáticos en la línea Alicante-Barcelona. _____	48
Tabla 21: Valoración de la capacidad de adaptación en la línea Alicante-Barcelona. _____	49

## Índice de figuras

Figura 1: Vulnerabilidad de las infraestructuras del transporte a riesgos climáticos. _____	6
Figura 2: Proceso de adaptación al cambio climático en una empresa. _____	8
Figura 3: Distribución anual media de las incidencias por razones climatológicas registradas por ADIF. _____	13
Figura 4: Recorrido de la línea Alicante-Barcelona. _____	29

Figura 5: Proyecciones de cambio en las temperaturas máximas para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	31
Figura 6: Proyecciones de cambio en las temperaturas mínimas para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	31
Figura 7: Proyecciones de variación porcentual de la precipitación media anual para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	32
Figura 8: Proyecciones de cambio en la duración de las olas de calor para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	33
Figura 9: Proyecciones de cambio en el número de días de helada al año para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1 _____	33
Figura 10: Proyecciones de cambio en las precipitaciones intensas para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	34
Figura 11: Proyecciones de cambio en las temperaturas máximas para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	36
Figura 12: Proyecciones de cambio en las temperaturas mínimas para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	36
Figura 13: Proyecciones de variación porcentual de la precipitación media anual para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	37
Figura 14: Proyecciones de cambio en la duración de las olas de calor para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	38
Figura 15: Proyecciones de cambio en el número de días de helada al año para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	39
Figura 16: Proyecciones de cambio en las precipitaciones intensas para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	40
Figura 17: Proyecciones de la desviación típica del cambio relativo de la velocidad del viento en el escenario A2 para el período 2071-2100. _____	43
Figura 18: Recomendaciones a Renfe (I): profundización de análisis de riesgos, oportunidades y vulnerabilidad, y diseño e implementación de estrategia de adaptación al cambio climático. _____	54

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Vulnerabilidad de la línea Alicante-Barcelona a los impactos climáticos. _____	51
---	----

# 1. Introducción

España, debido a su situación geográfica, así como a sus características socioeconómicas, puede considerarse un país especialmente vulnerable a los impactos del cambio climático. Para reducir esta vulnerabilidad es necesario lograr una adaptación que permita minimizar los impactos negativos, aprovechando las posibles oportunidades que deriven del mismo.

El primer paso para conseguir dicha adaptación al cambio climático es la evaluación de la situación nacional actual y la planificación de acciones en este sentido. Para ello, España cuenta desde el año 2006 con un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), que establece el marco de referencia para la coordinación entre las administraciones públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España.

El PNACC se desarrolla a través de programas de trabajo. Finalizado el II Programa de Trabajo (2008-2013), a finales de 2013 se aprobó el III Programa que tiene una vigencia de seis años (2014-2020).

Hasta el momento, los esfuerzos de la Administración Pública en este área de actuación, han estado muy centrados en el impulso y coordinación de estudios específicos y orientaciones de actuación, principalmente en el ámbito público.

Durante el año 2013, la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), ha impulsado la incorporación de la adaptación al cambio climático en el sector empresarial español. Esta integración tiene, además, una doble vertiente. Por un lado, se encuentra el trabajo dirigido a analizar, evaluar y actuar para reducir la vulnerabilidad a los impactos previstos del cambio climático. Por otro lado, la adaptación puede verse también como una oportunidad para determinados sectores empresariales españoles, que pueden desarrollar estrategias como proveedores de servicios profesionales en este sentido.

Si bien es cierto que, inicialmente, los principales esfuerzos del sector privado estuvieron enfocados a la vertiente de mitigación del cambio climático, a través de estrategias para lograr una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, actualmente comienza a despertar interés la adaptación al cambio climático.



En este contexto, a comienzos del año 2013, la OECC lanzó un proyecto dirigido al desarrollo de actuaciones para la adaptación al cambio climático, desde la perspectiva del sector privado. De esta forma surge el proyecto conocido como Iniciativa "ADAPTA". **Centrada en el desarrollo de metodologías de análisis de vulnerabilidad para el sector empresarial español, la Iniciativa ADAPTA ha supuesto un primer acercamiento a las necesidades de adaptación al cambio climático del sector privado nacional.**

Se ha trabajado con cinco sectores clave de la economía española (energía, construcción, transporte, agroalimentario y turismo), en la definición de una metodología para el análisis de la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. **Dentro del sector transporte, la empresa seleccionada fue Renfe, por su interés demostrado y avances realizados en este ámbito.**

**El presente documento analiza, en base a la información facilitada por la empresa y la bibliografía existente, los retos y oportunidades a los que se enfrenta este sector, realizando un análisis más detallado sobre la vulnerabilidad al cambio climático de la actividad de Renfe en la línea de tren que une las ciudades de Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona y Barcelona.**

## 2. Análisis global

En este apartado se muestra la situación del sector transporte en relación con los impactos derivados del cambio climático, así como los riesgos y oportunidades que estos pueden tener sobre el mismo.

Antes de entrar en los análisis, es necesario establecer las definiciones de la terminología empleada en este trabajo para estudiar la vulnerabilidad al cambio climático.

### VOCABULARIO BÁSICO

**ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO:** proceso, ya sea espontáneo o fruto de la planificación, mediante el cual los sistemas mejoran sus condiciones para enfrentar los previsibles cambios futuros del clima, reduciendo sus efectos negativos o aprovechando los positivos<sup>1</sup>.

**ADAPTACIÓN AUTÓNOMA:** cambios que se llevarían a cabo en un sistema, independientemente de la existencia de políticas, estrategias o planificaciones explícitas.

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN:** habilidad que tiene un sistema, que experimenta un impacto climático, para ajustarse a los cambios en el clima, amortiguar el daño potencial, aventajarse de las oportunidades que presentan los impactos positivos y lidiar con las consecuencias negativas derivadas, mediante la modificación de comportamientos y el uso de los recursos y tecnologías disponibles<sup>2</sup>.

**FINANCIACIÓN CLIMÁTICA (o “climate finance”):** financiación canalizada por organismos nacionales, regionales o multilaterales destinada a proyectos y programas de mitigación y adaptación al cambio climático.

**EXPOSICIÓN:** presencia de poblaciones, medios de subsistencia, servicios medioambientales y recursos, o elementos de valor social, económico o cultural en

---

<sup>1</sup> Adaptado de UNFCCC. Glossary of climate change Acronyms. 2013.

<sup>2</sup> IPCC Third Assessment Report. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2001.

lugares que pueden ser afectados por eventos físicos y que, por tanto, están sujetos a potenciales daños o pérdidas en el futuro<sup>3</sup>.

**FLEXIBILIDAD OPERATIVA:** capacidad de un agente de adaptar su forma de operar, sus características de diseño o su localización con el objetivo de minimizar los impactos climáticos.

**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO:** efectos globales en los sistemas socioeconómicos y naturales derivados de cambios en variables climáticas asociadas.

**OPCIONES DURAS Y BLANDAS DE ADAPTACIÓN (más conocidas como opciones “hard” y “soft”):** alternativas de los agentes afectados por impactos climáticos para adoptar medidas. En el primer caso, suelen incluirse medidas de carácter infraestructural o tecnológico, que requieren inversiones elevadas. En el segundo, medidas de carácter organizativo, de gestión o de traslación del riesgo.

**PROYECCIONES CLIMÁTICAS:** descripciones de posibles situaciones climáticas futuras y del modo en que se podría llegar a las mismas, de acuerdo con la información proporcionada por modelos<sup>4</sup>.

**RESILIENCIA:** capacidad de un sistema social o natural de absorber las afecciones climáticas, al mismo tiempo que mantiene su misma estructura básica y formas de funcionamiento, capacidad de auto organización y capacidad de adaptarse a las presiones y al cambio<sup>5</sup>.

**RIESGO:** combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y del impacto o consecuencia asociado con dicho evento<sup>6</sup>.

**SENSIBILIDAD:** facultad natural de un sistema de verse afectado por la incidencia de un impacto climático.

**VULNERABILIDAD:** incapacidad de un sistema de presentar una respuesta efectiva a los impactos derivados del cambio climático. Es decir, la propensión o susceptibilidad del

---

<sup>3</sup> Lavell, A. M. et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability and resilience (en Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2012

<sup>4</sup> Definición del IPCC

<sup>5</sup> DEFRA. Glossary. Definitions for Adaptation Concepts. 2010.

<sup>6</sup> DEFRA. Glossary. Definitions for Adaptation Concepts. 2010.

sistema a ser afectado negativamente por los riesgos derivados.

## 2.1. Retos del sector

Los estudios realizados para el sector revelan que el transporte se verá afectado en todos sus modos por el cambio climático. Ello será debido no sólo a consecuencias físicas, sino también asociadas a cambios en las preferencias de los usuarios por el tipo de transporte a utilizar.

De acuerdo con los estudios asociados a la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático, publicada en 2013, **del 30% al 50% de los costes de mantenimiento asociados al transporte por carretera europeo están ligados a impactos del clima.** Dentro de ellos, **los eventos climáticos extremos, como lluvias torrenciales e inundaciones, representan el 10%.** Por otra parte, el aumento previsto de las temperaturas puede reducir los costes actuales derivados de nevadas<sup>7</sup>.

**Se prevé que las cadenas de suministro se puedan ver afectadas, debido principalmente a eventos climáticos extremos, ocasionando interrupciones y pérdidas económicas.** Por otra parte, también se prevén daños en las infraestructuras como consecuencia también de eventos climáticos extremos, así como del aumento en el nivel del mar.

**Las infraestructuras más dañadas se prevé que sean aquellas con mayor vida útil, como carreteras, puentes o infraestructuras costeras.** Los estudios para Europa identifican las principales zonas que se pueden ver afectadas, en función del riesgo, tal y como se muestra en las siguientes imágenes. Como se puede observar, **el sur de Europa y, concretamente, la Península Ibérica, se encuentran entre las zonas más vulnerables**<sup>8</sup>.

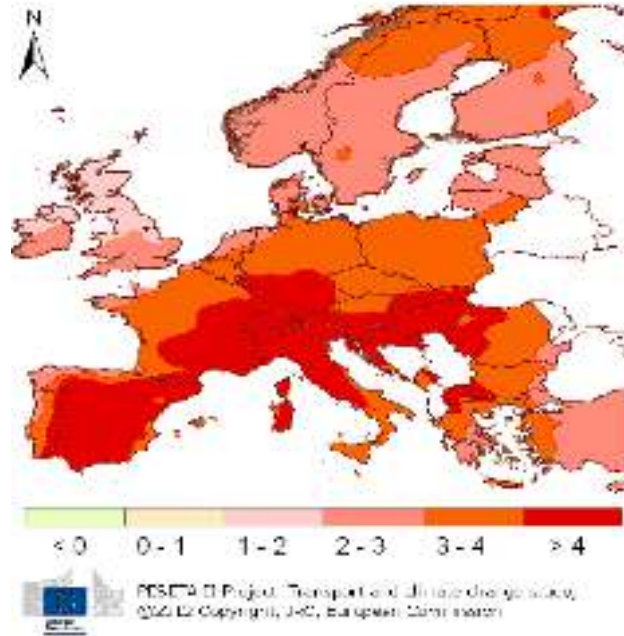
---

<sup>7</sup> Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commission staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.

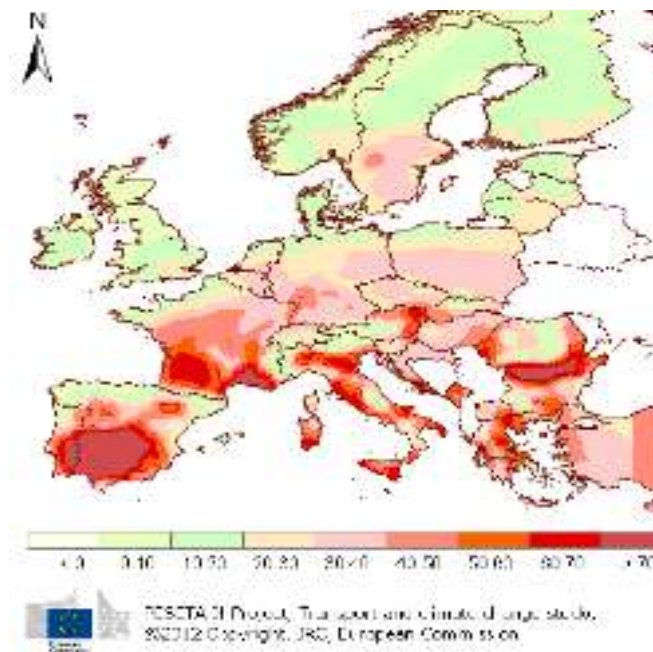
<sup>8</sup> CEDEX. Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. 2013.

**Figura 1: Vulnerabilidad de las infraestructuras del transporte a riesgos climáticos.**  
Fuente: Comisión Europea<sup>9</sup>.

Vulnerabilidad de las carreteras al aumento previsto de temperatura (cambio de la temperatura de pavimento máxima de 7 días, escenario A1B, 2070-2100).

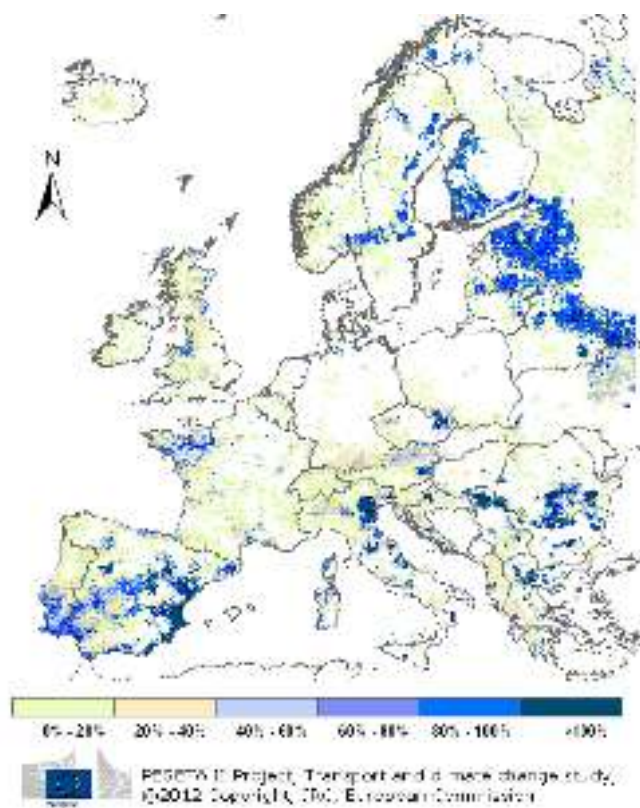


Vulnerabilidad del transporte ferroviario al aumento de temperatura previsto (número de días por año en el que se excede la temperatura crítica -CRT70-, escenario A1B, 2070-2100).



<sup>9</sup> Comisión Europea. Impacts of Climate Change on Transport: a focus on road and rail transport infrastructures. 2012.

Vulnerabilidad de los puentes a inundaciones (zonas azules indican cauces fluviales que pueden representar riesgos, escenario A1B, 2070-2100).



Dentro del sector transporte, hay estudios que revelan que **la adaptación al cambio climático en el transporte ferroviario europeo podría suponer un extra-coste en las tareas de mantenimiento de 20-28 millones de € al año entre 2040 y 2070, llegando a los 50-130 millones de € al año para el período 2070-2100, siendo los países más perjudicados Italia, España y Francia**<sup>10</sup>. También se ocasionarían retrasos por las limitaciones de velocidad, como consecuencia de las alteraciones del clima futuro previsto.

Por lo tanto, el cambio climático puede provocar variaciones en las condiciones climáticas bajo las que se desarrolla la actividad de muchas empresas del sector transporte, repercutiendo directa o indirectamente en los rendimientos económicos de dichas actividades. Por este motivo, la adaptación al cambio climático se plantea

---

<sup>10</sup> Comisión Europea. Nemry, F., Demirel, H. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. 2012.

como la vía para conocer y comprender los riesgos a los que se está sujeto, descubriendo alternativas para gestionarlos, minimizar su impacto sobre los resultados de las empresas y aprovechar las oportunidades que se puedan presentar.

El proceso de adaptación al cambio climático en una empresa se presenta en la siguiente figura.

**Figura 2: Proceso de adaptación al cambio climático en una empresa.**  
Fuente: elaboración propia a partir de Climate Prosperity. Advisory Report<sup>11</sup>.



## 2.2. Situación de partida de Renfe

Renfe es una empresa de servicios de transporte ferroviario de viajeros y mercancías, dependiente del Ministerio de Fomento. Opera una media de 5.000 trenes al día en una red de 13.800 km, de los cuales 1.800 son de alta velocidad y 8.500 están

---

<sup>11</sup> Canadian National Roundtable on the Environment and the Economy. Climate Prosperity. Advisory Report. 2012.

electrificados. Los volúmenes de mercancías que transporta ascienden a 16 millones de toneladas anuales, mientras que el de viajeros supera los 450 millones al año. Para ello cuenta con 1.300 empleados.

Esta empresa nació en 1941, como resultado de la unificación de las compañías ferroviarias españolas en una sola empresa estatal, llevando a cabo la operación del transporte y de la infraestructura ferroviaria. En 2005 finalizó su monopolio legal y comenzó Renfe Operadora, a cargo sólo del transporte, y entrando en régimen de competencia con otras empresas.

Además de lo anterior, es una de las empresas integrantes de **CER** (siglas en inglés de la **Comunidad de Compañías Europeas de Ferrocarriles e Infraestructuras**<sup>12</sup>, la asociación europea de empresas ferroviarias), promoviendo la realización de foros de intercambio de experiencias en adaptación al cambio climático entre diferentes empresas del sector, entre otras experiencias.

En la actualidad Renfe lleva a cabo numerosas acciones planificadas de prevención y solución de incidencias de origen climático en sus servicios, que en cierto modo conforman una estrategia que le permite adaptarse a los impactos climáticos actuales y a los que puedan presentarse en el futuro. Dentro de la empresa, la Gerencia de Área de Estudios, Innovación y Sostenibilidad es la que coordina estas prácticas.

Por otra parte, Renfe percibe las incidencias climáticas actuales, que podrían presentarse con más frecuencia y con mayores consecuencias en el futuro, como los principales riesgos derivados del cambio climático para su actividad. Por este motivo, monitoriza las incidencias causadas por el clima todos los años, contabilizando su grado de afección. Además, ha inventariado y clasificado todos los posibles riesgos relacionados con el clima, compartiendo el conocimiento adquirido con otras empresas europeas de transporte ferroviario en diversos foros.

Un ejemplo de las prácticas antes mencionadas es el sistema de alarma de incidencias meteorológicas, que le permite conocer con exactitud las incidencias climáticas que se pueden presentar en cualquier punto de la geografía española con una antelación de 24 horas. Este sistema le permite planificar las medidas necesarias para minimizar los impactos de las incidencias y ahorrar todos los costes posibles.

---

<sup>12</sup> Community of European Railway and Infrastructure Companies.



Además, Renfe lleva a cabo todos los años un **Plan Anual de Prevención de Incendios Forestales**, en colaboración con los gobiernos autonómicos, para evitar su formación en temporadas de elevadas temperaturas, por chispas que pueden saltar de los sistemas de frenado de algunos trenes a la vegetación próxima a las vías.

Debe señalarse que Renfe ha desarrollado un sistema de frenado con nuevos materiales que evitan la formación de chispas, y reducen de este modo las posibilidades de formación de incendios forestales, tratándose de un caso de I+D relacionada con la adaptación al cambio climático.

A la vista de lo anterior, se puede decir que Renfe es una empresa en la que existe conciencia sobre los riesgos que el cambio climático para su actividad y sobre su vulnerabilidad al mismo, contando, al mismo tiempo, con los mecanismos internos para afrontar dichos riesgos.

### **2.3. Riesgos y oportunidades**

El cambio climático puede conllevar para Renfe riesgos y oportunidades diversas, tanto de **índole física** (interrupciones en servicios regulares por inundaciones, por ejemplo), como **regulatoria** (como puede ser la inclusión de la adaptación al cambio climático en la normativa de aplicación). A continuación se hace un análisis detallado de los mismos.

#### **Riesgos físicos**

Los primeros impactos físicos del cambio climático que pueden identificarse en el transporte ferroviario son los derivados de las variaciones de la temperatura.

**Tabla 1: Impactos físicos derivados de las variaciones de la temperatura.**

Fuente: Elaboración propia a partir de información facilitada por Renfe y varias fuentes<sup>13</sup>.

Lugar de impacto	Tipo de impacto	Impacto indirecto
<b>Infraestructura</b>	Olas de calor	Deformación de los raíles en zigzag (garrote)
		Deformación de catenarias
		Altas temperaturas para los trabajadores en vías
		Incendios forestales <sup>14</sup> , en particular en las subestaciones de tracción en líneas de alta velocidad
		Fallos eléctricos y de equipos electrónicos
	Olas de frío	Bajas temperaturas para los trabajadores en vías
		Fragilidad de raíles
Cambios de agujas <sup>15</sup> bloqueados		
<b>Estaciones</b>	Olas de calor	Alteraciones en condiciones de confort para los viajeros
	Olas de frío	Formación de hielo negro y andenes resbaladizos <sup>16</sup>
<b>Trenes</b>	Altas temperaturas en general	Sobrecalentamiento de motores
		Reducción de la velocidad
		Mayor consumo de acondicionamiento térmico
	Olas de calor	Fallos eléctricos y de equipos electrónicos
		Alteraciones en condiciones de confort para los viajeros
	Olas de frío	Fallos de puertas
		Rotura de ventanas
		Problemas de arranque
<b>Clientes</b>	Cambios en la temperatura en general	Menor eficiencia de frenado en raíles congelados
		Cambios en los patrones de elección de medios de transporte
		Cambios en la movilidad de mercancías
		Cambios en la movilidad de pasajeros

Se debe puntualizar que los impactos debidos al aumento de las temperaturas, reflejados en la tabla anterior, serían mayores y más frecuentes en el sur de España<sup>17</sup>.

<sup>13</sup> Comisión Europea. Nemry, F., Demirel, H. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. 2012.

Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commision staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.

Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.

<sup>14</sup> El riesgo de incendios podría ser mayor si las líneas de ancho UIC se abriesen al tráfico mixto.

<sup>15</sup> Mecanismos cuya función es realizar el cambio de vías en los trenes.

<sup>16</sup> Se llama hielo negro a una fina capa de hielo que se forma sobre muchas superficies, prácticamente invisible, típica de bajas temperaturas.

Por otro lado, los eventos extremos pueden causar diferentes impactos sobre Renfe.

**Tabla 2: Impactos físicos derivados de las lluvias torrenciales, tormentas y eventos extremos en general.**

Fuente: Elaboración propia a partir de información facilitada por Renfe y varias fuentes<sup>18</sup>.

Lugar de impacto	Impacto indirecto
<b>Infraestructura</b>	Inundaciones en túneles y vías, colapsos en sistemas de drenaje
	Aumento de caudales bajo puentes, provocando un mayor desgaste y/o derrumbes
	Efecto embalse de taludes
	Deslizamientos de tierras
	Erosión de infraestructuras en vías
	Caída de vallados en línea de alta velocidad
	Proyección de elementos ligeros sobre la catenaria con enganchones ocasionales
	Arrastres de balasto
	Fallos de los equipos de señalización y comunicación en vías
<b>Estaciones</b>	Inundaciones, colapsos en sistemas de drenaje
<b>Trenes</b>	Retrasos
	Posibilidad de inundaciones en cocheras

Además de lo anterior, las fuertes nevadas también podrían causar impactos sobre la actividad de Renfe, como se muestra a continuación.

<sup>17</sup> Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.

<sup>18</sup> Comisión Europea. Nemry, F., Demirel, H. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. 2012.

Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commission staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.

Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.

**Tabla 3: Impactos físicos derivados de las fuertes nevadas.**

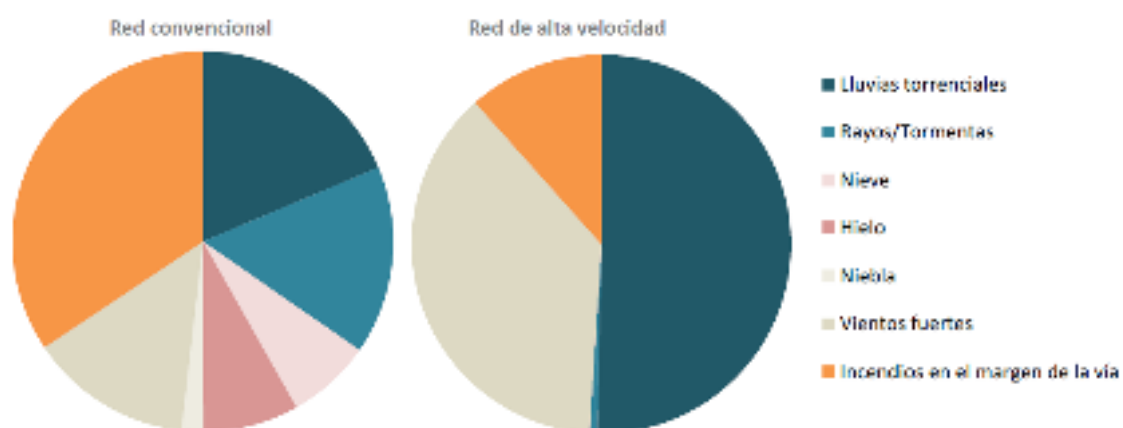
Fuente: Elaboración propia a partir de información facilitada por Renfe y varias fuentes<sup>19</sup>.

Lugar de impacto	Impacto indirecto
<b>Infraestructura</b>	Cambios de agujas: acumulación de nieve y bloqueo
	Falta de contacto entre pantógrafos y catenarias si se forma hielo en las mismas
	Fallos eléctricos y de equipos electrónicos
<b>Trenes</b>	Fallo de puertas
	Disminución de adherencia
	Fallos en sistemas de rodaje
<b>Clientes</b>	Fallos eléctricos y de equipos electrónicos
	Retrasos en servicio

Para dar una visión de conjunto de cómo la climatología está afectando en la actualidad al transporte por ferrocarril, se presenta a continuación la distribución de incidencias por razones climatológicas registradas por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF).

**Figura 3: Distribución anual media de las incidencias por razones climatológicas registradas por ADIF.**

Fuente: CEDEX y otros<sup>20</sup>.



<sup>19</sup> Comisión Europea. Nemry, F., Demirel, H. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. 2012.

Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commission staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.

Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.

<sup>20</sup> Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.

Del total de incidencias climatológicas, el 3% se presenta en la red de alta velocidad, mientras que el 97% restante se presenta en la red convencional. La mayoría de las incidencias mostradas se traducen en retrasos en el servicio (93% de los casos), siendo minoritarios los casos en los que se llega a suprimir trenes, transbordar viajeros o desviar servicios<sup>21</sup>.

Al margen de los impactos anteriores, el transporte por ferrocarril podría sufrir de modo indirecto algunos impactos del cambio climático en otros sectores, principalmente en el sector de la energía, así como en los patrones de elección de medio de transporte de mercancías y pasajeros. En la siguiente tabla se presentan algunos de los potenciales impactos indirectos en Renfe del cambio climático.

**Tabla 4: Impactos indirectos del cambio climático en Renfe.**

Fuente: Rübhelke, D. y Vögele, S., Golombek, L. *et al.* y elaboración propia<sup>22</sup>.

Localización de impacto	Descripción del impacto	Causas
Sector energético	Cortes en suministro eléctrico	Derribos en redes de transporte y distribución eléctrica por fuertes vientos o fuertes nevadas.
		Imposibilidad de cubrir demandas pico en olas de calor.
	Elevación del precio de la energía eléctrica	Menor producción hidroeléctrica (la de menor coste marginal) por sequías.
		Menor producción nuclear, debido a paros provocados por escasez de agua para refrigeración. Menor rendimiento de centrales térmicas y, por tanto, mayor consumo de combustibles por las mismas.
Cortes en suministro de gasóleo	Eventos meteorológicos extremos que podrían provocar cortes en suministros en general	
Patrones de elección en el modo de transporte	Mayor volumen de transporte de pasajeros	Eventos meteorológicos extremos que pueden provocar cortes en carreteras
	Imposibilidad de transporte fluvial de mercancías en algunas localizaciones en Europa	Menores caudales en ríos en algunas localizaciones de Europa, debido a menores precipitaciones

<sup>21</sup> Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.

<sup>22</sup> Rübhelke, D. y Vögele, S. Distributional Consequences of the Climate Change Impacts on the Power Sector: who gains and who loses? 2011.

Golombek, L. *et al.* Climate change impacts on electricity markets in Western Europe. 2011.

En cuanto a los posibles cambios en el precio de la energía eléctrica que pudieran derivarse de los efectos del cambio climático, debe matizarse que los estudios realizados indican para España cambios mínimos o casi despreciables en el precio de la energía por esta causa<sup>23</sup>. Por ello, los cambios en el precio de la energía podrían estar más asociados a los ajustes para subsanar el déficit tarifario que a cambios en la climatología que repercutan en el mix eléctrico.

### **Riesgos regulatorios**

Respecto a los riesgos regulatorios asociados a la adaptación al cambio climático, hay que indicar que en 2013 se ha aprobado la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático, cuyo objetivo es impulsar la actuación para la adaptación al cambio climático en la normativa de la Unión Europea, así como en sus políticas y líneas de financiación. De hecho, la adaptación al cambio climático ha sido incluida en legislación europea en materia de transporte. Además, existen propuestas legislativas para introducir la adaptación al cambio climático en directivas relativas a medioambiente e infraestructuras.

Además de lo anterior, CER recomienda la consideración de la resiliencia al cambio climático como un criterio para las revisiones de los estándares en los ferrocarriles europeos<sup>24</sup>.

Por otra parte, el II Programa de Trabajo del PNACC incluye la integración de la normativa de la adaptación al cambio climático, como uno de sus cuatro ejes de desarrollo. Para ello, se ha comenzado por la planificación y por las materias que son competencia del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Ejemplos de esta integración se encuentran en los sectores de aguas, costas, biodiversidad o bosques, entre otros<sup>25</sup>.

Además, algunas comunidades autónomas están desarrollando sus propias normas y planificaciones de adaptación al cambio climático, como Andalucía o Cataluña,

---

<sup>23</sup> Rübhelke, D. y Vögele, S. *Distributional Consequences of the Climate Change Impacts on the Power Sector: who gains and who loses?* 2011.

Golombek, L. *et al.* *Climate change impacts on electricity markets in Western Europe.* 2011.

<sup>24</sup> CER. *Climate Change and Standardization. A Sector Position Paper.* 2012.

<sup>25</sup> Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Folleto divulgativo del Segundo Programa de Trabajo del PNACC.* 2010.

pudiendo afectar a Renfe en materia medio ambiente, aguas, ordenación del territorio o planificación de transportes.

**Tabla 5: Actividades potencialmente afectadas en Renfe por riesgos regulatorios asociados a la adaptación al cambio climático.**

Fuente: elaboración propia.

Nivel regulatorio		Empleados	Clientes	Ferrocarriles	General
<b>MATERIAS REGULADAS</b>	<b>Europeo (Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático)</b>	<b>Estandarización:</b> condiciones de climatización de habitáculos.		<b>Planificación del transporte:</b> consideración de nuevos escenarios climáticos.	<b>Estandarización:</b> exigencia en códigos técnicos de resistencia de materiales a diferentes rangos de temperatura.
	<b>Español (PNACC)</b>	<b>Seguridad y salud laboral:</b> consideración de los nuevos escenarios climáticos en los protocolos de seguridad y salud en el trabajo.	<b>Seguridad y salud:</b> medidas de seguridad para viajeros y mercancías.	<b>Planificación de transporte:</b> consideración de nuevos escenarios climáticos.	<b>Fiscalidad<sup>26</sup>:</b> beneficios fiscales para las empresas que implementen medidas de adaptación.
	<b>Autonómico</b>			<b>Gestión forestal:</b> exigencia de la consideración de los nuevos escenarios climáticos. <b>Medio ambiente:</b> inclusión de los nuevos escenarios climáticos en los requisitos para conseguir licencias ambientales. Estándares en materia de <b>energía.</b> <b>Costas:</b> consideración de la subida del nivel del mar y de otros impactos en la planificación de zonas costeras.	

La información presentada en la tabla anterior debe entenderse considerando que aún no se han concretado muchas de las leyes, normas y planificaciones indicadas. Por ello, es posible que en el futuro no afecten a las actividades señaladas, y sí a otras no presentadas en dicha tabla.

### Oportunidades

Los estándares con los que trabaja Renfe están diseñados para rangos muy amplios de temperatura, siendo capaz de ofrecer sus servicios con normalidad a elevadas temperaturas (como las que se dan habitualmente en verano en el sur de España). Esto supone una ventaja para Renfe, puesto que no tendrá que adaptar sus

<sup>26</sup> La Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático apunta que la fiscalidad positiva puede ser una de las líneas de promoción de la adaptación al cambio climático.

estándares de climatización a elevadas temperaturas que podrían presentarse en el futuro.

Hay que llamar la atención sobre el hecho de que en situaciones de lluvias torrenciales, inundaciones o fuertes nevadas el medio de transporte de pasajeros o mercancías elegido preferentemente es el tren, frente a otros medios de transporte (automóvil, camión o avión), lo cual podría suponer una oportunidad en el futuro para Renfe.

Además de lo anterior, Renfe es un miembro activo de CER, institución con influencia en la aprobación de las normativas europeas aplicables al sector ferroviario, lo cual le permite un conocimiento en detalle y de antemano de las reformas regulatorias que se puedan aprobar.

Por último, la puesta en marcha de acciones de adaptación al cambio climático supone una oportunidad para contar con financiación climática. En la guía "Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado", elaborada en el marco de la iniciativa Adapta, se detallan los principales organismos y fondos que prestan ayuda financiera a la adaptación.

#### 2.4. Una visión estratégica

De acuerdo con lo expuesto a lo largo del análisis global realizado, a continuación se muestran algunas conclusiones.

##### VALORACIÓN

- ✓ El cambio climático puede producir un **cierto cambio en la distribución** de los modos de transporte en Europa. Sin embargo, los **riesgos físicos** son la principal fuente de preocupación, debido a posibles accidentes o disrupciones del servicio.
- ✓ **España y el Sur de Europa** serán las zonas más afectados.
- ✓ La **capacidad de adaptación** es importante, debido al grado de conocimiento y preparación, aunque la flexibilidad operativa, por la naturaleza del negocio está limitada.



- ✓ Debido a las implicaciones sociales y al carácter estratégico del sector, la **adaptación autónoma** no es una opción. Existen muchas ventajas para optar por una decisión planificada y basada en un seguimiento continuo de información.

#### RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda vivamente el **seguimiento de la evolución de las variables** climáticas más relevantes y su contraste con las proyecciones existentes.
- ✓ En este sentido, se valora como muy recomendable disponer de **proyecciones de mayor resolución** para los puntos críticos.
- ✓ Se sugiere mantenerse **alerta a publicaciones específicas** y avances en el sector.
- ✓ El desarrollo de **acciones conjuntas** con otros agentes puede ser muy beneficioso.
- ✓ El **contacto con AEMET** puede apoyar en el conocimiento sobre los últimos estudios y resultados sobre proyecciones climáticas para España.
- ✓ Es interesante seguir aprovechando la **financiación europea** disponible para potenciar la investigación y concreción de impactos y consecuencias asociadas a este sector, de forma que permita su incorporación a nivel estratégico.
- ✓ A diferencia de otros sectores, no se perciben riesgos en relación con las **acciones de comunicación** que se emprendan en relación con la adaptación. Todo parece indicar que la comunicación tendrá una acogida positiva.

### 3. Metodología de análisis de vulnerabilidad

Tras haber realizado el análisis estratégico, se realiza un análisis en detalle de la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático de la línea de tren que une las ciudades de Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona y Barcelona. En el presente capítulo se muestra la metodología empleada en este análisis de vulnerabilidad.

El análisis se lleva a cabo siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

- 1. Identificación de los principales impactos potenciales.** A través del análisis de las proyecciones de los escenarios climáticos futuros, se puede entender cómo el cambio climático puede alterar la actividad de las centrales, es decir, los impactos que presentan una incidencia relevante en las mismas.
- 2. Identificación de los riesgos climáticos.** Se analiza la probabilidad de ocurrencia de los diferentes impactos climáticos identificados y se evalúa las consecuencias que pueden conllevar.
- 3. Evaluación de la capacidad de adaptación.** Se evalúa la capacidad de adaptación al cambio climático de las centrales. Esta se ve influenciada por la capacidad financiera para poner en marcha iniciativas o acciones adaptativas y el nivel de conocimiento en materia de impactos y cambio climático.
- 4. Análisis de vulnerabilidad actual y futura.** Mediante el análisis de riesgo y de la capacidad de adaptación, se define la vulnerabilidad de la unidad de exposición analizada al cambio climático.

### 3.1. Metodología del análisis de riesgos climáticos.

Para la realización de los análisis de riesgos climáticos se han aplicado y adaptado las metodologías propuestas tanto por el IPCC<sup>27</sup>, como la desarrollada por el DEFRA<sup>28</sup>, en el marco de la política de cambio climático del Reino Unido, en su aplicación bajo la Ley de Cambio Climático 2008 para el reporte de informes de adaptación realizados en especial por el sector energético. Debido a la incertidumbre inherente a los impactos futuros derivados del cambio climático, ya que están basados en proyecciones climáticas, es necesario, para una toma informada de decisiones en materia de actuación, describir las tres componentes del riesgo que definen la vulnerabilidad de un sector al cambio climático. Estas son **probabilidad, consecuencia y capacidad de adaptación.**

El análisis de vulnerabilidad no es un sistema aritmético, sino un método de representación de importancia, subjetiva e informada, que conceden los expertos y agentes clave en cada caso.

De acuerdo con el marco conceptual que se utiliza en este trabajo, es preciso definir el concepto de riesgo. Con el mismo nos referimos a los impactos sobre los sistemas humanos o naturales de un determinado evento (*event risk*) o daño (*outcome risk*) a lo largo de un periodo de tiempo<sup>29</sup>. **Es el producto de la probabilidad de que ese riesgo suceda multiplicado por las consecuencias que ello tendría.** En este trabajo se desarrolla una evaluación cuantitativa del riesgo, si bien no puede ser puramente objetiva, en la medida en que inevitablemente se deben evaluar las consecuencias de ciertos acontecimientos sobre diversos elementos en riesgo, a ojos de un observador humano.

$$[1] \quad \text{“} \mathbf{Riesgo(R) = Probabilidad \times Consecuencia} \text{”}$$

---

<sup>27</sup> Schneider, S.H., S. Semenov, A. Patwardhan, I. Burton, C.H.D. Magadza, M. Oppenheimer, A.B. Pittock, A. Rahman, J.B. Smith, A. Suarez y F. Yamin. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

<sup>28</sup> DEFRA. UK Climate Change Risk Assessment: Government Report.2012; y DEFRA. Climate Change Adaptation.E.ON UK Generation. 2011.

<sup>29</sup> UNDP. Vulnerability and Risk Assessment. 2<sup>nd</sup> Edition. 1994.

## PROBABILIDAD

Según la citada metodología, la probabilidad de ocurrencia de un impacto climático se clasifica en seis categorías según su grado, de improbable (1) a muy probable (6). A cada una de estas categorías se le asigna, a su vez, una puntuación en un rango de 0 a 10, tal y como se recoge a continuación.

**Tabla 6. Grado de probabilidad de los impactos climáticos.**

Fuente: Adaptado de DEFRA.

PROBABILIDAD						
	Improbable	Muy poco Probable	Poco Probable	Probable	Bastante probable	Muy Probable
Grado	1	2	3	4	5	6
Puntuación	3	4	5	7	9	10

Descripción:

**Improbable:** Excepcionalmente improbable que suceda.

**Muy poco probable:** Muy improbable que suceda.

**Poco probable:** Improbable que suceda.

**Probable:** Es tan probable que suceda como que no.

**Bastante probable:** Es probable que suceda.

**Muy probable:** Muy probable que suceda.

## CONSECUENCIA

Las consecuencias de un impacto se clasifican en siete categorías en función del grado de importancia o magnitud, asignando una puntuación entre 0, para un grado despreciable de importancia, y 10, para un grado de importancia muy grave. En la siguiente tabla se resumen estas categorías.

**Tabla 7. Grado de consecuencia de los impactos climáticos.**  
Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología de DEFRA y COSO.

Puntuación	Grado	Afecciones económicas y de operatividad en activos	Daños físicos	Afecciones en materia de seguridad
0	<b>Despreciable</b>	Sin repercusiones	Sin daños físicos	Sin repercusiones
3	<b>Mínima</b>	Repercusiones irrelevantes en las cuentas anuales del activo	Daños físicos irrelevantes	Sin repercusiones
4	<b>Menor</b>	Repercusiones en las cuentas anuales del activo asumibles sin dificultad	Daños físicos leves	Sin repercusiones
5	<b>Significativa</b>	Repercusiones notables en las cuentas anuales del activo, pero asumibles	Daños físicos notables	Sin repercusiones
7	<b>Importante</b>	Importantes repercusiones en las cuentas anuales del activo, asumibles con mayor dificultad que en el grado de impacto anterior	Daños físicos importantes pero asumibles	Repercusiones mínimas
9	<b>Grave</b>	Graves repercusiones en las cuentas anuales, llegándose a contemplar la posibilidad de cierre del activo	Daños físicos difíciles de asumir	Repercusiones de poca envergadura y asumibles
10	<b>Muy grave</b>	Las repercusiones económicas exigen el cierre o renovación total del activo	Daños físicos no asumibles	Puede tener repercusiones no asumibles

La gravedad de la consecuencia de un impacto queda determinada por la categoría de mayor afección, es decir, basta con que una consecuencia de un impacto cumpla la descripción indicada en una de las tres categorías (operatividad de los activos, daños físicos o seguridad), para que sea considerada en ese determinado grado. Por ejemplo, si una consecuencia no causa daños físicos, ni tiene repercusiones en materia de seguridad, pero sus repercusiones en las cuentas anuales son graves, y se llega a contemplar la posibilidad de cierre del activo, esa consecuencia sería clasificada como grave.

Una vez quedan bien definidas las dos variables del riesgo, se cruzan en una matriz para obtener el índice de riesgo resultante. Se categorizan los riesgos, según su magnitud y probabilidad de ocurrencia con valores que van desde 0, para impactos improbables de ocurrir y con consecuencias despreciables, hasta 100, para impactos muy probables de ocurrir y con consecuencias muy graves. Los resultados se resumen en la tabla siguiente.

**Tabla 8. Matriz de índices de riesgo.**

Fuente: Adaptado de DEFRA.

ÍNDICE DE RIESGO		CONSECUENCIA						
		Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
PROBABILIDAD	Improbable	0	9	12	15	21	27	30
	Muy poco Probable	0	12	16	20	28	36	40
	Poco Probable	0	15	20	25	35	45	50
	Probable	0	21	28	35	49	63	70
	Bastante probable	0	27	36	45	63	81	90
	Muy Probable	0	30	40	50	70	90	100

El resultado del análisis de riesgos permite priorizar acciones en el proceso de toma de decisión, ya que un mayor riesgo, implica una mayor urgencia en emprender acciones. En la presente metodología se agrupan los índices de riesgo en cinco tipologías de riesgo diferentes, como se ilustra en la siguiente tabla.

**Tabla 9. Tipología de riesgos para la evaluación de acciones.**

Fuente: Adaptado de DEFRA.

RIESGO	Magnitud	Categoría	Tipología
Muy Alto	$\geq 90$	5	R5
Alto	$\leq 50-90$	4	R4
Medio	$\leq 30-50$	3	R3
Bajo	$\leq 20-30$	2	R2
Muy bajo	$> 0-20$	1	R1
Despreciable	0	0	R0

- R5** Riesgo muy alto, es urgente evaluar acciones.
- R4** Riesgo alto, es necesario evaluar acciones.
- R3** Riesgo medio, es recomendable evaluar acciones.
- R2** Riesgo bajo, es necesario el seguimiento, pero no tanto evaluar acciones.
- R1** Riesgo muy bajo, no es necesario evaluar acciones preventivas o adaptativas.
- R0** Riesgo despreciable.

### 3.2. Metodología de valoración de la capacidad de adaptación.

Tras la evaluación preliminar de los riesgos, el siguiente paso es determinar la capacidad de adaptación de los sistemas u organizaciones. Ésta se define como la habilidad del sistema para ajustarse a los cambios en el clima, amortiguar el daño potencial, beneficiarse de las oportunidades que presentan los impactos positivos y lidiar con las consecuencias negativas derivadas, mediante la modificación de comportamientos y el uso de los recursos y tecnologías disponibles. Es por esto que el concepto de capacidad de adaptación está íntimamente ligado con el concepto de resiliencia climática.

Para definir la capacidad de adaptación, se identifican cuatro categorías de variables que determinan en qué medida la adaptación está planificada:

- **Variables transversales: planificación gubernamental y empresarial.** Existencia de políticas, estándares, regulación, legislación o directrices, de prevención de los riesgos derivados del cambio climático, ya sea fruto de la planificación gubernamental de los estados en que opera la organización, o como iniciativa estratégica propia de la empresa.
- **Variables económicas:** Se refiere tanto a la disponibilidad de recursos económicos, como a la disponibilidad de infraestructuras.
  - **Recursos económicos:** Existencia de recursos económicos para hacer frente a los riesgos, disponibilidad de fuentes de financiación o la posibilidad de explotación de oportunidades de mercado derivadas de la adaptación.
  - **Infraestructuras.** Disponibilidad de las infraestructuras necesarias y suficientes para hacer frente a los riesgos identificados.
- **Variables sociales: Información y conocimiento.** Disponibilidad de información de la que goza la organización y sus agentes clave, conocimiento del riesgo y/o de las oportunidades, existencia de precedentes de actuación, existencia de metodología, grado de conocimiento e implicación por parte de la plantilla de personal, los clientes y las comunidades del entorno, existencia de programas de entrenamiento, disponibilidad de información de estudios de caso.

**Tabla 10. Capacidad de adaptación.**  
Fuente: Adaptado de DEFRA.

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN					
	Despreciable (CA0)	Mínima (CA1)	Media (CA2)	Significativa (CA3)	Importante (CA4)
<b>Grado</b>	0	1	2	3	4
<b>Puntuación</b>	7	5	4	3	1

Descripción:

**Despreciable:** No se dispone de ninguna variable.

**Mínima:** Se dispone de una o dos variables.

**Media:** Se dispone de tres variables.

**Significativa:** Se dispone de cuatro variables.

**Importante:** Se dispone de cinco variables.

La capacidad de adaptación se clasifica en despreciable (0), mínima (1), media (2), significativa (3) o importante (4), según la disponibilidad del sector o sus activos de alguna de las variables anteriormente descritas. Se asignan puntuaciones de 1 a 7 para cada grado de capacidad de adaptación, dando el mayor valor a la capacidad de adaptación despreciable, y el menor a la capacidad importante.

### 3.3. Metodología del análisis de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de una organización o sistema a los cambios en el entorno. En este análisis, se examina también la capacidad de adaptación de dicha organización o sistema, con el objetivo de determinar su reacción ante posibles alteraciones y establecer un orden de prioridades a la hora de proponer medidas concretas de actuación en materia de adaptación.

La vulnerabilidad depende tanto de la probabilidad y consecuencia del riesgo experimentado, como de la capacidad de actuación, de modo que, cuanto mayor sea la severidad del riesgo concreto evaluado y menor la capacidad de adaptación, mayor será la vulnerabilidad del elemento receptor del riesgo.



De esta manera, la vulnerabilidad se puntúa como el producto entre el riesgo y la capacidad de adaptación, según la fórmula siguiente:

$$[2] \quad \text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo} \times \text{Capacidad de Adaptación}$$

Este producto se calcula tomando como valor para el riesgo, su índice<sup>30</sup> (que varía entre 0 y 100, mayor cuando mayor es el riesgo), y como valor para la capacidad de adaptación, su puntuación<sup>31</sup> (entre 7 y 1, menor cuanto mayor es la capacidad de adaptación).

El rango de valores resultado del cruce de estas dos variables, define el índice de vulnerabilidad, que varía entre 0 y 700, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Vulnerabilidad del sistema a un determinado riesgo climático.**

FUENTE: Adaptado de DEFRA.

		CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN				
		CA0	CA1	CA2	CA3	CA4
RIESGO	R0	0	0	0	0	0
	R1	140	100	80	60	20
	R2	210	150	120	90	30
	R3	350	250	200	150	50
	R4	630	450	360	270	90
	R5	700	500	400	300	100

Los valores obtenidos de esta manera definen las distintas tipologías de vulnerabilidad, que se clasifica de despreciable, con una magnitud igual a cero, a muy alta, con una magnitud de vulnerabilidad mayor a 700, según el siguiente criterio.

<sup>30</sup> Véase Tabla 8.

<sup>31</sup> Véase Tabla 10.

**Tabla 12. Tipología de vulnerabilidad**  
FUENTE: Adaptado de DEFRA.

TIPOLOGÍA DE VULNERABILIDAD	RIESGO	MAGNITUD	CLASE	TIPOLOGÍA
	Muy Alto	$\geq 500$	5	V5
	Alto	$\leq 300-500$	4	V4
	Medio	$\leq 200-300$	3	V3
	Bajo	$\leq 100-200$	2	V2
	Muy bajo	$> 0-100$	1	V1
	Despreciable	0	0	V0

Descripción:

- V5:** Vulnerabilidad muy alta, es urgente tomar acciones.
- V4:** Vulnerabilidad alta, es necesario tomar acciones.
- V3:** Vulnerabilidad media, es recomendable tomar acciones.
- V2:** Vulnerabilidad baja, es necesario el seguimiento, pero no tanto tomar acciones.
- V1:** Vulnerabilidad muy baja, no es necesario tomar acciones preventivas o adaptativas.
- V0:** Vulnerabilidad despreciable.

De esta manera queda definido el grado de vulnerabilidad del objeto de análisis a los impactos climáticos concretos a los que se encuentra expuesto. Este análisis puede realizarse tanto para evaluar la vulnerabilidad actual del objeto de análisis, como para evaluar su vulnerabilidad futura, dados los cambios climáticos esperados.

## 4. Análisis de vulnerabilidad

En este capítulo se lleva a cabo el **análisis de detalle de la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático de la línea de tren que une las ciudades de Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona y Barcelona**. Este análisis aportará un mayor conocimiento de los riesgos asociados al cambio climático para el transporte ferroviario y de su capacidad de adaptación a los posibles impactos.

### 4.1. Descripción del objeto de análisis de vulnerabilidad.

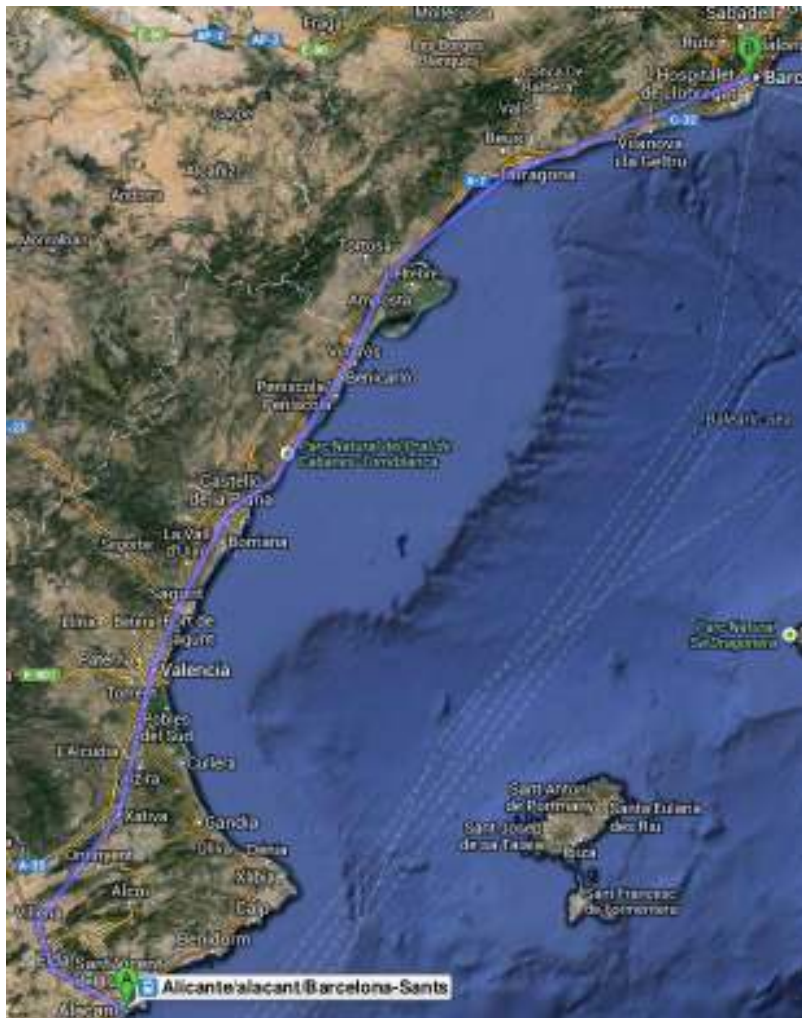
La línea sobre la cual se lleva a cabo el análisis de vulnerabilidad cubre una distancia de 521 kilómetros, entre Alicante y Barcelona, que se cubren en un tiempo que oscila entre 4 horas y 45 minutos y 5 horas y media, en función del tren que preste el servicio. Renfe viene prestando el servicio de transporte de pasajeros en la misma desde 1941, momento en el que entró en funcionamiento.

El volumen de pasajeros en esta línea ascendió hasta 1.800.000 pasajeros en 2012 y, aunque en su mayoría es de doble vía, cuenta con tramos de vía única, entre Alicante y Bif, y entre Calafat y Tarragona. Debe tenerse en cuenta que esta línea se sitúa en el arco mediterráneo, uno de los principales ejes de transporte de personas y mercancías de España.

El recorrido de la línea es el que se muestra a continuación.

Figura 4: Recorrido de la línea Alicante-Barcelona.

Fuente: Google Maps.



Las principales contingencias climáticas que se presentan de modo más o menos periódico en el trayecto del servicio son la "gota fría", en Levante, y fuertes vientos en la zona de la desembocadura del Ebro, entre Vinarós y Tarragona (en esta zona, los vientos han llegado hasta los 110 km/h). Además, entre Villena y Xàtiva se puede presentar alguna nevada esporádica en invierno.

## 4.2. Proyecciones climáticas en la Comunidad Valenciana

Para estudiar cómo podría evolucionar el clima de la Comunidad Valenciana a lo largo del siglo XXI, se han revisado las proyecciones elaboradas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)<sup>32</sup> para esta Comunidad Autónoma. En concreto, los escenarios para los cuales se realizan las proyecciones de AEMET son los siguientes:

- **A1B** (emisiones medias). Intuye un rápido crecimiento económico y poblacional para el futuro, una población mundial en decrecimiento a partir de mediados de siglo y un rápido desarrollo tecnológico, con un equilibrio mundial entre regiones y fuentes de energía diversificadas.
- **A2** (emisiones medias-altas). Supone una población mundial en crecimiento sostenido, con fuertes diferencias regionales en cuanto a crecimiento tecnológico, poblacional y económico. El desarrollo económico y tecnológico es más lento y fragmentado que en otros escenarios
- **B1** (emisiones bajas). En este escenario, la población mundial crece hasta alcanzar su máximo a mediados de siglo para decrecer después del mismo modo que en el escenario A1, la economía mundial tiende a una menor dependencia y presión sobre los recursos, una mayor eficiencia energética y a un enfoque globalizado de las soluciones socioeconómicas y ambientales. Mayor equidad social.
- **E1** (emisiones muy bajas). Escenario de mitigación agresivo coherente con el objetivo de evitar que se superen los 2°C de calentamiento global medio respecto a los niveles pre-industriales. Bajo este escenario, la concentración de CO<sub>2</sub> alcanzaría 535 ppm en 2045 y se estabilizaría posteriormente en 450 ppm)<sup>33</sup>.

De acuerdo a las mismas, la temperatura variaría tal como se presenta a continuación.

---

<sup>32</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

<sup>33</sup> Comisión Europea. European and Global Climate Change Projections. Technical Policy Briefing Note. 01. 2011.

Figura 5: Proyecciones de cambio en las temperaturas máximas para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

Fuente: AEMET<sup>34</sup>.

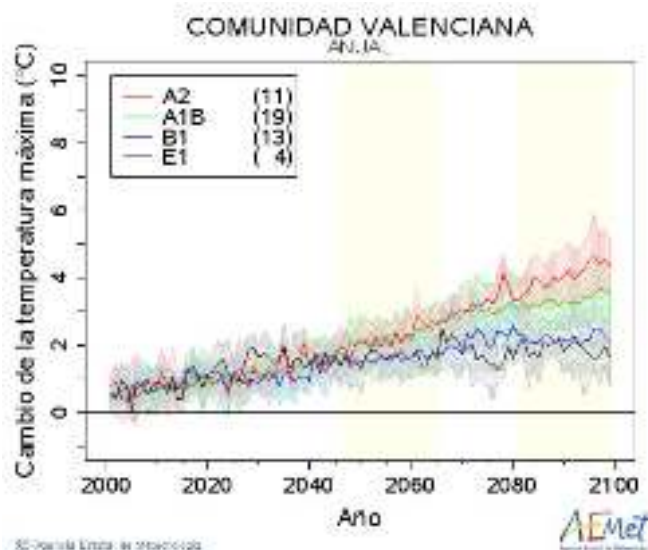
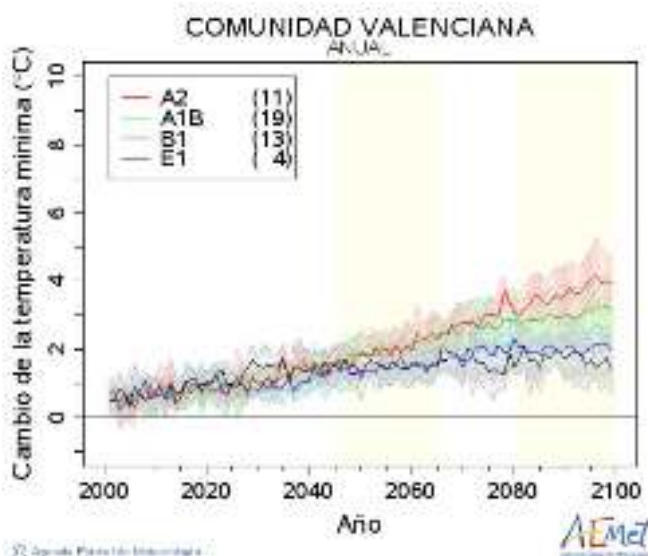


Figura 6: Proyecciones de cambio en las temperaturas mínimas para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

Fuente: AEMET<sup>35</sup>.



<sup>34</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

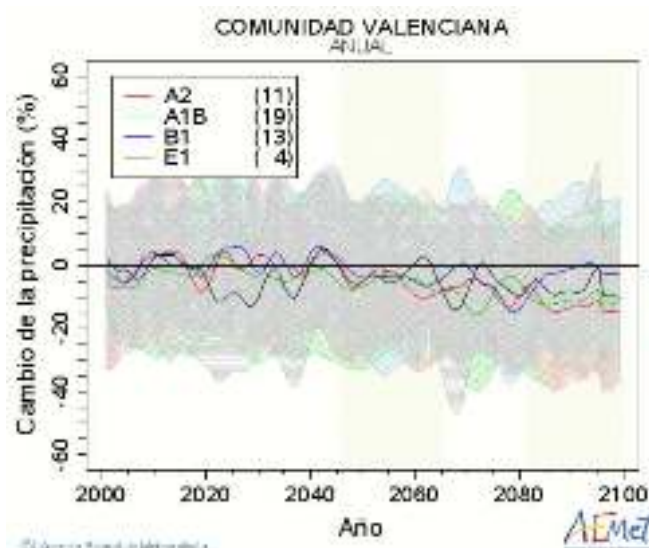
<sup>35</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

Conforme muestran los gráficos anteriores, las temperaturas máximas y mínimas en la Comunidad Valenciana aumentarían en valores entre 1 y 2°C para mediados del siglo XXI, y entre 1 y 4°C para finales del mismo, variando en función del escenario de emisiones de GEI considerado.

Respecto a las precipitaciones, las proyecciones para la Comunidad Valenciana realizadas por AEMET apuntan a disminuciones en el volumen anual de hasta el 5% en torno al año 2050, y de hasta el 15% para finales del siglo XXI.

La siguiente figura muestra las proyecciones de variación en la precipitación, en la Comunidad Valenciana a lo largo del siglo XXI.

**Figura 7: Proyecciones de variación porcentual de la precipitación media anual para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**  
Fuente: AEMET<sup>36</sup>.



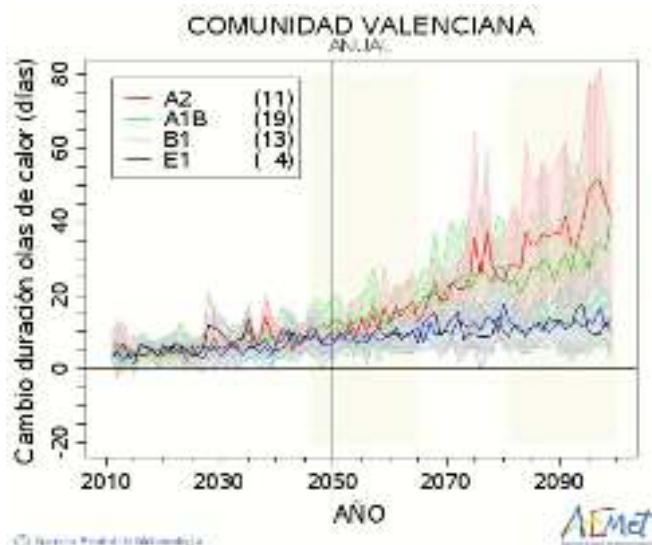
Las proyecciones de variación para las olas de calor señalan que el número de días de ola de calor al año aumentaría en un valor comprendido entre 5 y 10 para mediados del siglo XXI, y entre 5 y 40 para finales del mismo, presentándose diferentes incrementos dentro de estos rangos en función del escenario considerado, conforme se pueden observar en la siguiente figura.

---

<sup>36</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.  
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

**Figura 8: Proyecciones de cambio en la duración de las olas de calor para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

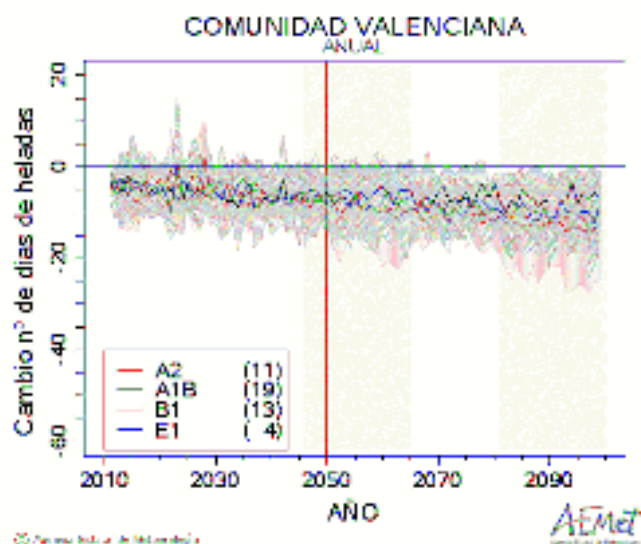
Fuente: AEMET<sup>37</sup>.



Para el número de días de helada en la Comunidad Valenciana, las proyecciones apuntan a una clara disminución, de 5-10 días al año para mediados del siglo XXI, y de entre 5 y algo más de 10 días al año para finales del mismo siglo, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

**Figura 9: Proyecciones de cambio en el número de días de helada al año para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1**

Fuente: AEMET<sup>38</sup>.



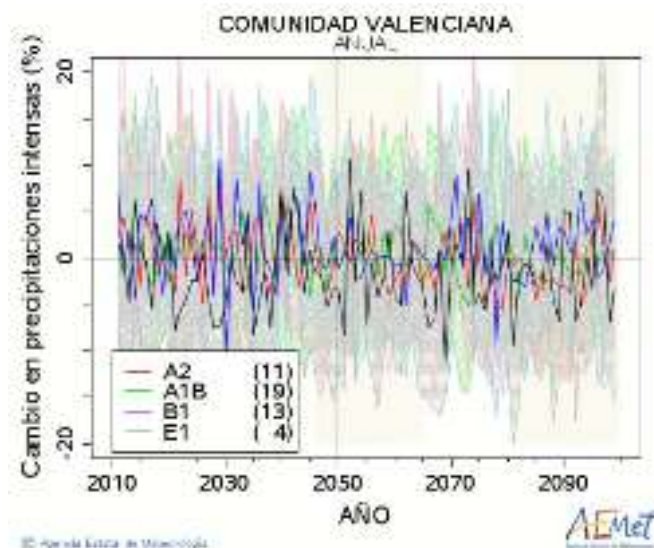
<sup>37</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.  
<sup>38</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.



Respecto a las precipitaciones intensas, las proyecciones apuntan a una variabilidad interanual del  $\pm 10\%$ , pero sin cambios en la tendencia de la media anual, como se puede comprobar en la siguiente figura.

**Figura 10: Proyecciones de cambio en las precipitaciones intensas para la Comunidad Valenciana, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>39</sup>.



En cuanto a la elevación del nivel del mar, las proyecciones bajo los distintos escenarios contemplados son las siguientes.

**Tabla 13: Proyecciones de elevación del nivel mar.**

FUENTE: IPCC<sup>40</sup>.

Escenario	Elevación del nivel del mar (en m para el período 2090-2099, en comparación con el nivel de 1980-99)
B1	0.18-0.38
A1B	0.20-0.43
A2	0.23-0.51

En resumen, los principales cambios que podrían esperarse para la Comunidad Valenciana, son un incremento de las temperaturas máximas y mínimas de 1°C-2°C para mediados del siglo XXI, y de entre 1 y 4°C para finales, variando en función del

<sup>39</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

<sup>40</sup> IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. 2007.

escenario de emisiones de GEI considerado, así como una reducción de hasta un 5% a mediados de siglo y en algo más del 15% a finales del mismo, con respecto a la cuantía de las precipitaciones.

En cuanto a las olas de calor, éstas se prolongarían en un número de días que oscilaría entre 5 y 10 para mediados de siglo, y entre 5 y 40 hacia el año 2100. Las lluvias intensas tendrían una gran variabilidad interanual (de hasta  $\pm 10\%$ ), sin una clara tendencia a aumentar o disminuir.

El nivel del mar, por último, podría situarse 0,51 metros por encima del actual a finales del siglo XXI.

### **4.3. Proyecciones climáticas en Cataluña**

Para conocer las posibles variaciones del clima en las áreas atravesadas por la línea Alicante-Barcelona en Cataluña, se analizan los resultados obtenidos para esta comunidad autónoma por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) <sup>41</sup>. Además, también se tienen en cuenta las Proyecciones climáticas para Cataluña<sup>42</sup>, elaboradas por la Agència Catalana de l'Aigua.

De acuerdo a las proyecciones de AEMET, las temperaturas máximas y mínimas en Cataluña aumentarían en valores entre 1 y 2°C para mediados del siglo XXI, y entre 1 y 4°C para finales del mismo, variando en función del escenario de emisiones de GEI.

A continuación se presentan las proyecciones de temperatura para Cataluña regionalizadas realizadas por AEMET.

---

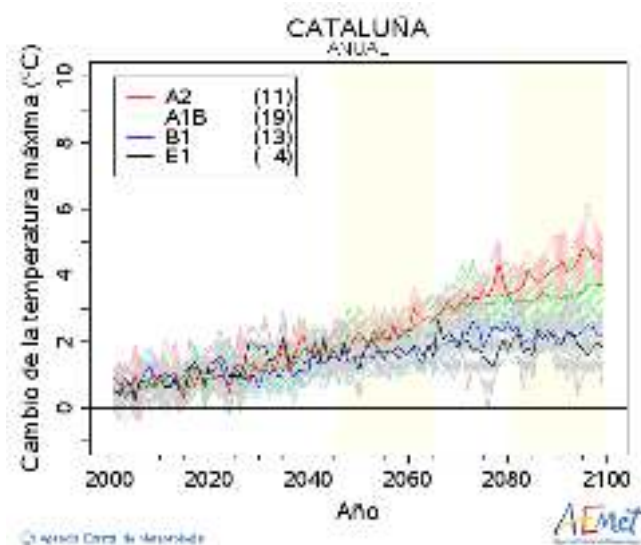
<sup>41</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

<sup>42</sup> Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.

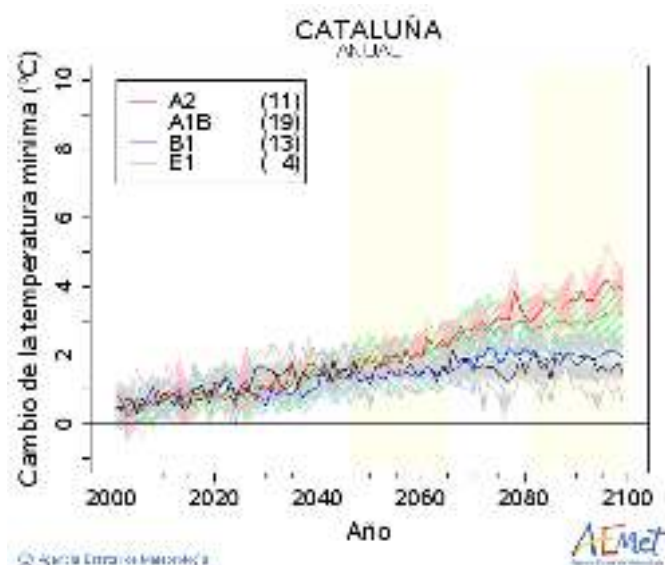
**Figura 11: Proyecciones de cambio en las temperaturas máximas para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>43</sup>.



**Figura 12: Proyecciones de cambio en las temperaturas mínimas para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>44</sup>.

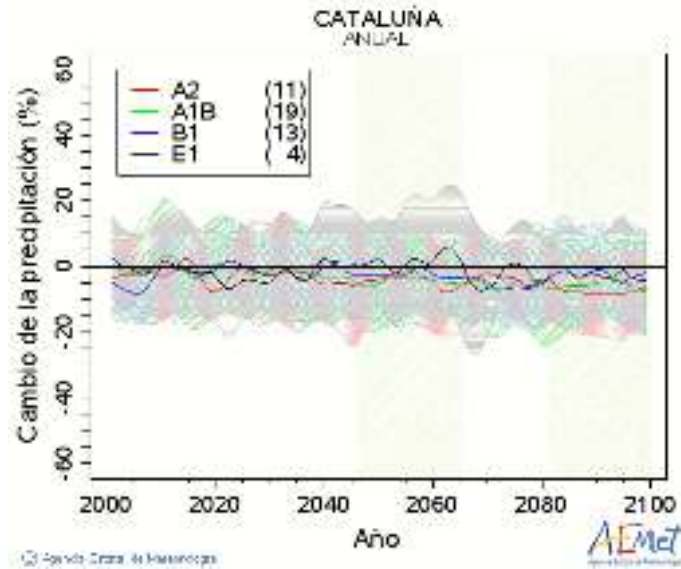


Respecto a las precipitaciones, las proyecciones para Cataluña realizadas por la AEMET señalan disminuciones de alrededor de un 5% en el medio plazo (hacia 2050), y de aproximadamente un 10% para finales del siglo XXI.

<sup>43</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.  
<sup>44</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

**Figura 13: Proyecciones de variación porcentual de la precipitación media anual para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>45</sup>.

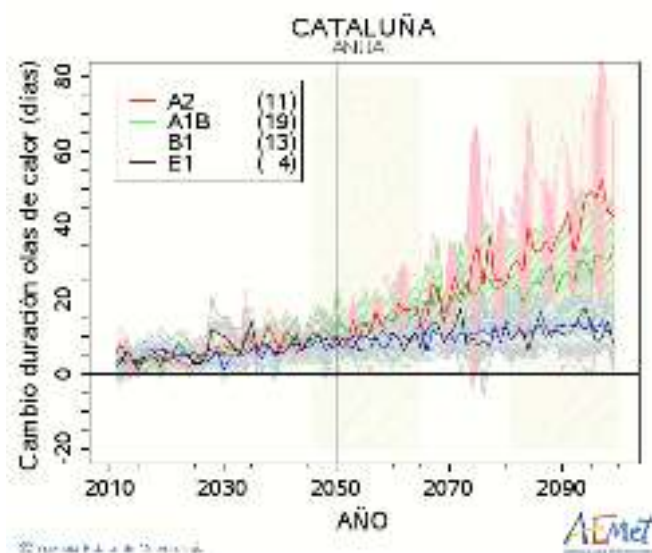


En cuanto a las olas de calor, las proyecciones de variación de duración de las mismas en los diferentes escenarios serían muy similares a las de la Comunidad Valenciana, es decir, el número de días de ola de calor al año aumentaría en un valor comprendido entre 5 y 10 para mediados del siglo XXI, y entre 5 y 40 para finales del mismo.

<sup>45</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.  
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

**Figura 14: Proyecciones de cambio en la duración de las olas de calor para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>46</sup>.

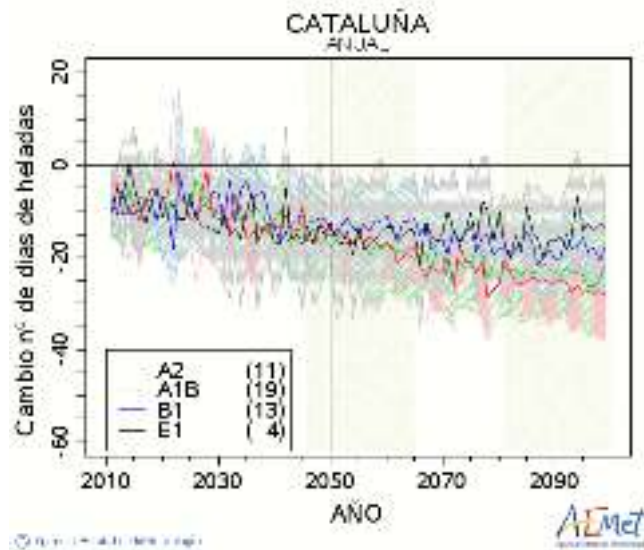


Además de los cambios anteriores, el número de días de heladas al año muestra una tendencia a la disminución a lo largo del siglo XXI, reduciéndose en torno a 10-15 días al año para el año 2050, y en un valor comprendido entre 10 y algo más de 20 días al año para el año 2100. En la siguiente figura se puede observar dicha tendencia.

<sup>46</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.  
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

**Figura 15: Proyecciones de cambio en el número de días de helada al año para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>47</sup>.

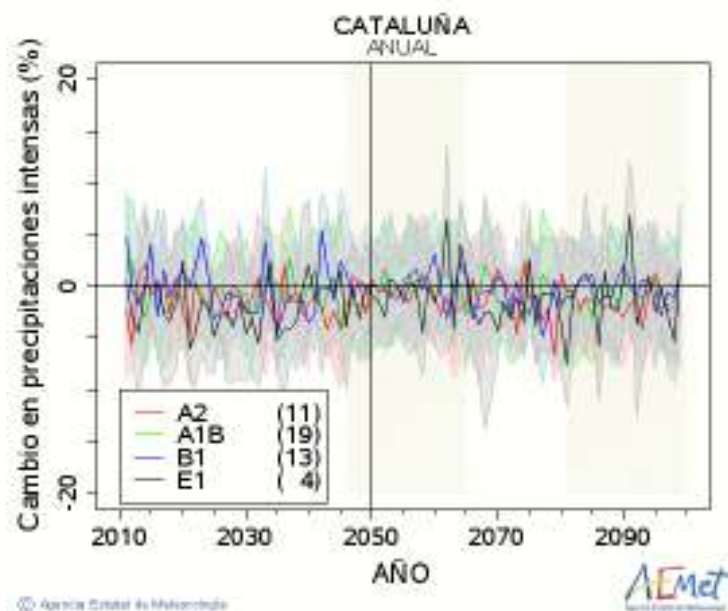


Respecto a las precipitaciones intensas, las proyecciones apuntan a una tendencia a mantenerse más o menos constantes en valores medios interanuales, pero con una variabilidad interanual de un  $\pm 5\%$  de un año para otro.

<sup>47</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.  
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

**Figura 16: Proyecciones de cambio en las precipitaciones intensas para Cataluña, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.**

Fuente: AEMET<sup>48</sup>.



Por otra parte, las Proyecciones climáticas para Cataluña de la Agència Catalana de l'Aigua indican las siguientes variaciones para el conjunto de la Comunidad Autónoma.

**Tabla 14: Proyecciones climáticas para el conjunto de Cataluña.**

Fuente: Agència Catalana de l'Aigua<sup>49</sup>.

PERÍODO	2011-2040		2071-2100	
	ESCENARIO A2	ESCENARIO B2	ESCENARIO A2	ESCENARIO B2
Temperatura media anual (incremento en °C)	1,4±0,6	1,4±0,6	4,4±0,8	2,9±1,0
Temperatura máxima anual (incremento en °C)	1,5±0,6	1,5±0,6	4,7±0,8	3,1±1,0
Temperatura mínima anual (incremento en °C)	1,4±0,5	1,4±0,5	4,2±0,7	2,8±0,8
Precipitación media anual (%)	0±8	-5±5	-12±10	-8±6

<sup>48</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

<sup>49</sup> Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.

Además de las mostradas en la tabla anterior, la Agència Catalana de l'Aigua también ha realizado proyecciones de incremento de temperaturas máximas estacionales para diferentes zonas de Cataluña (la zona costera entre ellas, por la que discurre el trazado de la línea objeto de estudio) en el último período del siglo XXI, bajo el escenario de emisiones de GEI más pesimista, el A2. Las proyecciones para la zona costeras son las que se muestran a continuación.

**Tabla 15: Proyecciones de aumento de temperaturas máximas estacionales para la zona de costa de Cataluña en el período 2081-2100.**

Fuente: Agència Catalana de l'Aigua<sup>50</sup>.

	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Costa	2,5-3,5 °C	3,0-4,0 °C	5,0-6,5 °C	3,5-5,0 °C

Las proyecciones de variación de la precipitación estacional, bajo el mismo escenario y para estas mismas zonas de Cataluña en el mismo período serían las siguientes.

**Tabla 16: Proyecciones de variación de la precipitación estacional para la zona de costa de Cataluña el período 2081-2100.**

Fuente: Agència Catalana de l'Aigua<sup>51</sup>.

	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Costa	Entre -10% y 0%	Entre -10% y 0%	Entre -40% y -20%	Entre -15% y -5%

Para las precipitaciones intensas, la Agència Catalana de l'Aigua apunta a la posibilidad de un ligero aumento de las mismas durante la parte final del verano para finales del siglo XXI.

A la vista de las proyecciones climáticas mostradas, cabe esperarse en Cataluña un incremento de las temperaturas máximas y mínimas de 1°C-2°C para mediados del siglo XXI, y de entre 1 y 4°C para finales, variando en función del escenario de emisiones de GEI considerado. Las precipitaciones, por otra parte, podrían reducirse hasta en un 5% a mediados de siglo y en torno a un 10% a finales del mismo.

En cuanto a las olas de calor, éstas se prolongarían en un número de días que oscilaría entre 5 y 10 para mediados de siglo, y entre 5 y 40 hacia el año 2100. Las lluvias

<sup>50</sup> Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.

<sup>51</sup> Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.



intensas tendrían una variabilidad interanual de hasta  $\pm 5\%$ , sin una clara tendencia a aumentar o disminuir.

Por último, las variaciones proyectadas en el nivel del mar serían las mismas que para la Comunidad Valenciana.

#### 4.4. Síntesis de proyecciones climáticas para Cataluña y la Comunidad Valenciana

A continuación se presenta una tabla en la que se resumen los resultados de las proyecciones climáticas para las dos comunidades autónomas.

**Tabla 17: Proyecciones climáticas para Cataluña y la Comunidad Valenciana.**

Fuente: AEMET<sup>52</sup> y Agència Catalana de l'Aigua<sup>53</sup>.

	2050		2100	
	Cataluña	Comunidad Valenciana	Cataluña	Comunidad Valenciana
Aumento de temperaturas máximas	1-2°C		1-4°C	
Aumento de temperaturas mínimas	1-2°C		1->3°C	
Variación de precipitación	-5%		-10%	-15%
Aumento de días al año de olas de calor	5-10 días		5-40 días	
Variación en precipitaciones intensas	Sin tendencia clara a aumentar ni disminuir, variación interanual hasta del $\pm 5\%$ , posibilidad de un ligero aumento hacia el final del verano.	Sin tendencia clara a aumentar ni disminuir, variación interanual hasta del $\pm 10\%$	Sin tendencia clara a aumentar ni disminuir, variación interanual hasta del $\pm 5\%$ , posibilidad de un ligero aumento hacia el final del verano.	Sin tendencia clara a aumentar ni disminuir, variación interanual hasta del $\pm 10\%$

<sup>52</sup> AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

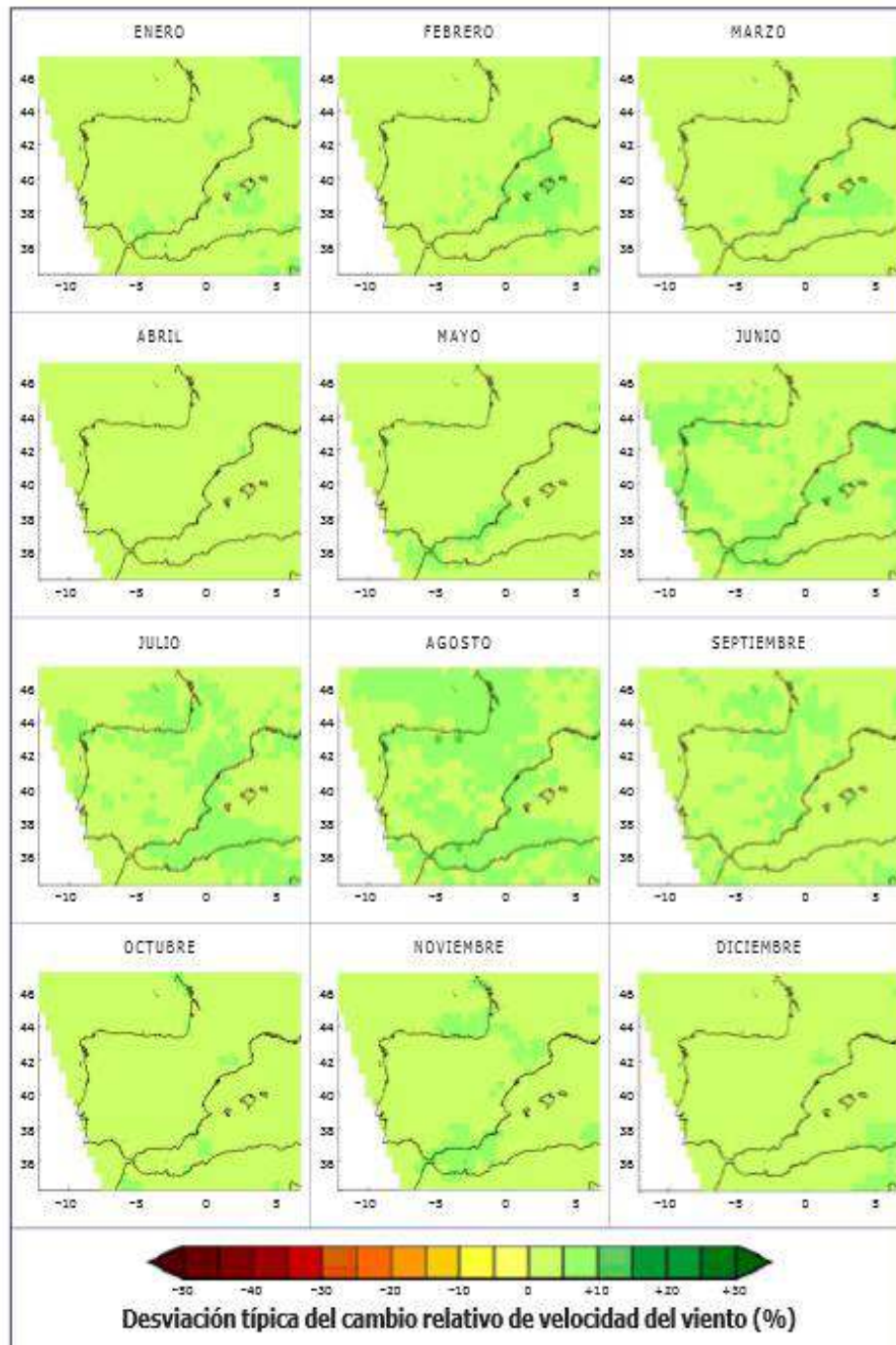
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

<sup>53</sup> Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.

Además de lo anterior, se presenta un mapa con proyecciones de la velocidad del viento para toda la Península Ibérica, para poder valorar cómo podría variar en el futuro.

**Figura 17: Proyecciones de la desviación típica del cambio relativo de la velocidad del viento en el escenario A2 para el período 2071-2100.**

Fuente: AEMET<sup>54</sup>.



<sup>54</sup> AEMET. Generación de escenarios de cambio climático regionalizados para España. 2009.

Como se puede comprobar, las proyecciones apuntan a que la velocidad del viento aumentaría en un 5-10% en los meses de febrero, marzo, junio, julio, agosto y septiembre en las zonas costeras del Levante y Cataluña.

#### **4.5. Análisis de riesgos**

Antes de entrar en la exposición de resultados del análisis de riesgos y vulnerabilidades, es necesario explicar que la notación que se empleará de ahora en adelante para mostrar los resultados es la siguiente:

- **T:** hace referencia al aumento de la temperatura
- **EE:** hace referencia a los eventos meteorológicos extremos
- **0:** se refiere a la actualidad
- **1:** se refiere al corto plazo (2015-39)
- **2:** se refiere al medio plazo (2040-69)
- **3:** se refiere al largo plazo (2070-99)

De este modo, por ejemplo, T1 indicaría que el riesgo o vulnerabilidad de que se trate es el asociado al aumento de la temperatura en el corto plazo.

La línea Alicante-Barcelona podría ser vulnerable a los impactos del cambio climático de diferentes formas. Las consecuencias potenciales del mismo y sus valoraciones se presentan en las tablas a continuación.

**Tabla 18: Consecuencias posibles del cambio climático para la línea Alicante-Barcelona.**  
 Fuente: elaboración propia a partir de Baker, C., <sup>55</sup> y de información aportada por Renfe.  
 (D=despreciable, Min=mínima, Men=Menor, S=significativa, I=importante, Gr=grave, MG=muy grave).

Impacto climático	Riesgo asociado	Consecuencia directa derivada	IMPORTANCIA DE CONSECUENCIAS				Justificación
			Actualidad	2015 -39	2040 -69	2070 -99	
Incremento de la temperatura	Mayor consumo de energía por empleo de aire acondicionado	Molestias a los viajeros, retrasos e interrupciones	Min	Men	S	I	La formación más frecuente de garrotes en raíles por un incremento en las temperaturas máximas podría suponer una alteración importante para el servicio de la línea, siendo las demás consecuencias de menor repercusión.
	Mayor probabilidad de generar y sufrir incendios forestales						
	Menores rendimientos de equipos y motores						
	Olas de calor	Mayor riesgo de accidentes por agotamiento de los conductores					
		Deterioro más acelerado de los elementos de climatización de los trenes					
Dilataciones, derretimientos y "garrotes" en raíles							
	Mayores problemas de ventilación de túneles						

<sup>55</sup> Baker, C. Climate change and the railways. 2010.

Impacto climático	Riesgo asociado	Consecuencia directa derivada	IMPORTANCIA DE CONSECUENCIAS				
			Actualidad	2015 -39	2040 -69	2070 -99	Justificación
<b>Eventos extremos</b>	Precipitaciones intensas	Reducción del límite de velocidad	<b>Men</b>	<b>S</b>	<b>I</b>	<b>Gr</b>	Algunas de estas consecuencias se sufren en la actualidad, como la necesidad de reducción de velocidad de los trenes debido a los fuertes vientos en la zona de la desembocadura del Ebro. En todos los casos se trataría de consecuencias que se presentarían en momentos puntuales, pero con mayores implicaciones que las del aumento de la temperatura, puesto que impedirían que el servicio se prestase con normalidad, pudiendo llegar a provocar cortes en el mismo, dando lugar a quejas por parte de los clientes y requiriendo gastos de reparación. Además, debe considerarse la posibilidad de daños físicos causados por eventos extremos.
		Molestias a los viajeros, retrasos e interrupciones					
		Daños materiales en infraestructuras y trenes por inundaciones y grandes avenidas					
		Deslizamientos y corrimientos de tierras de taludes y terraplenes					
		Colapso de sistemas de drenaje en estaciones u otras infraestructuras					
		Corrimientos de tierras en bocas de túneles					
	Fuertes vientos	Necesidad de reducción de velocidad, con los consiguientes retrasos					
		Caída de árboles y vegetación sobre las vías					
		Mayor pérdida de contacto entre pantógrafo y catenaria					
		Posibilidad de derribo de catenaria					

Respecto a las consecuencias presentadas en la tabla anterior, hay que indicar que algunas de ellas se presentan en la actualidad, como los retrasos debidos a precipitaciones intensas. Muchas de las consecuencias afectarían no sólo a Renfe, operadora del servicio de transporte ferroviario, sino también a ADIF, a cargo del mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias.

Además, las heladas, nevadas y olas de frío, que serían cada vez menos frecuentes, de acuerdo a las proyecciones, pueden provocar congelaciones en los sistemas de rodadura y órganos de freno, aceleración del deterioro de los elementos de climatización, dificultad de utilización de los cambiadores de ancho, así como retrasos o interrupciones del servicio.

**Hay que indicar que no se han detectado repercusiones del aumento del nivel del mar ni de la disminución de las precipitaciones para esta línea de transporte ferroviario.**

Por último, se debe apuntar que determinados usos del suelo podrían dificultar la retención del agua de precipitación por parte del terreno, lo que influiría en la formación de grandes avenidas en caso de precipitaciones torrenciales, agravando las consecuencias de las mismas para el transporte ferroviario en la línea Alicante-Barcelona.

Las probabilidades de ocurrencia de los impactos climáticos en los diferentes períodos del siglo XXI se presentan a continuación.

**Tabla 19: Probabilidades de los impactos climáticos sobre la línea Alicante-Barcelona.**  
Fuente: elaboración propia con base en datos de AEMET<sup>56</sup> y de la Agència Catalana de l'Aigua<sup>57</sup>.

Impacto	Período	Probabilidad	Justificación
<b>Incremento de la temperatura</b>	Actualidad	Poco probable	Valoración realizada en base a las proyecciones de temperatura y olas de calor a lo largo del siglo XXI para Cataluña y la Comunidad Valenciana.
	2015-39	Probable	
	2040-69	Bastante probable	
	2070-99	Muy probable	
<b>Eventos extremos</b>	Actualidad	Probable	Valoración realizada en base a la ocurrencia actual de dichos eventos, en las proyecciones de precipitaciones intensas para Cataluña y la Comunidad Valenciana, y en las proyecciones de viento para la España
	2015-39	Probable	
	2040-69	Bastante probable	
	2070-99	Bastante probable	

<sup>56</sup> AEMET. Generación de escenarios de cambio climático regionalizados para España. 2009.

<sup>57</sup> Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.

Conforme a la metodología seguida, conocidas las consecuencias de los impactos climáticos y las probabilidades de los mismos, se determina el riesgo asociado a cada impacto climático. Los riesgos resultantes son los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 20: Riesgos de los impactos climáticos en la línea Alicante-Barcelona.**

Fuente: elaboración propia.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		T0					
Probable			EE0; T1	EE1			
Bastante probable				T2	EE2	EE3	
Muy Probable					T3		

Como se puede comprobar, los riesgos asociados a los eventos extremos comenzarían en un nivel bajo (nivel 2) en la actualidad y terminarían en un valor alto (nivel 4) en el último período del siglo XXI, siendo necesaria la evaluación de posibles acciones al respecto. Estos altos niveles de riesgo se deberían a su alta probabilidad de ocurrencia y a los efectos de los mismos sobre la prestación del servicio con normalidad.

Con respecto a los riesgos asociados al aumento de la temperatura, éstos se situarían en un nivel muy bajo en la actualidad (nivel 1) y terminarían en un nivel alto (nivel 4), siendo necesario también evaluar acciones al respecto. Los valores de riesgo en este caso se deberían fundamentalmente a la posibilidad de formación de garrotes en los raíles con el aumento de las temperaturas máximas.

#### 4.6. Análisis de vulnerabilidad

Para analizar la vulnerabilidad de la línea Alicante-Barcelona es necesario valorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático que se puedan presentar. La siguiente tabla muestra la valoración de la capacidad de adaptación del servicio de transporte ferroviario entre ambas ciudades.

**Tabla 21: Valoración de la capacidad de adaptación en la línea Alicante-Barcelona.**

Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Renfe.

Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
<b>Planificación gubernamental y empresarial</b>	¿Existen políticas, estándares, regulación, legislación o directrices de prevención de los riesgos derivados del cambio climático, ya sea fruto de la planificación pública, o como iniciativa estratégica propia de la empresa?	Alta	<p>Renfe cuenta con estándares de climatización adaptados al amplio rango de temperaturas que existe en la geografía española. Al mismo tiempo, todos los años se lleva a cabo el PAPIF, en coordinación con las comunidades autónomas, para prevenir los incendios forestales en verano.</p> <p>Por otra parte, en situaciones de eventos extremos, se llevan a cabo algunas prácticas para garantizar la seguridad del servicio y minimizar los posibles daños, tales como trasbordos de pasajeros o reducciones del límite de velocidad.</p> <p>En cuanto a las infraestructuras ferroviarias, ADIF lleva a cabo su mantenimiento de modo periódico y planificado.</p>
<b>Recursos económicos</b>	<p>¿Se dispone de suficientes recursos económicos o fuentes de financiación para hacer frente a los riesgos detectados?</p> <p>¿Es posible explotar oportunidades de mercado derivadas de la adaptación?</p>	Alta	<p>La adaptación a los impactos climáticos detectados no requiere de procedimientos o modificaciones en la maquinaria diferentes a los que se llevan a cabo en la actualidad en situaciones de eventos extremos. Por otra parte, Renfe lleva a cabo la renovación periódica de trenes y equipos, mientras que ADIF está a cargo del mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias, lo cual implica que existe la capacidad económica suficiente para llevar a cabo las inversiones que eventualmente pudiesen ser necesarias para hacer frente a impactos climáticos puntuales.</p>
<b>Infraestructuras</b>	¿Se dispone de las infraestructuras necesarias y suficientes para hacer frente a los riesgos identificados?	Media	<p>ADIF lleva a cabo el mantenimiento periódico y las mejoras pertinentes en la infraestructura ferroviaria. Sin embargo, las estaciones de Salou y Alicante han sufrido grandes avenidas de agua.</p> <p>Respecto a los trenes, Renfe lleva a cabo la renovación periódica de los mismos, así como la modificación de maquinaria cuando las circunstancias meteorológicas lo aconsejan (cambio de posición de los convertidores eléctricos en olas de frío).</p>



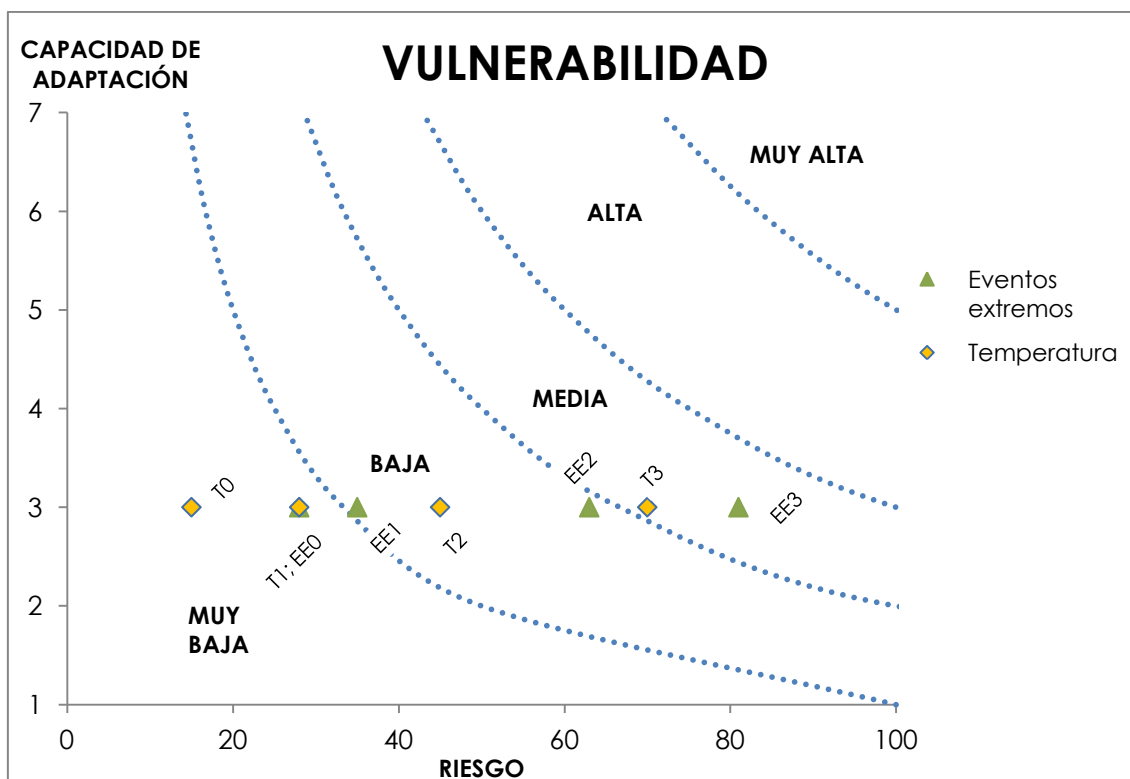
Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
<b>Información y conocimiento</b>	<p>¿La organización dispone de información sobre riesgos y/o oportunidades ligados al cambio climático?</p> <p>¿Existen precedentes de actuación y metodologías al respecto?</p> <p>¿Existen programas de entrenamiento al respecto?</p> <p>¿Se dispone de información de estudios de caso?</p> <p>¿Cuál es el grado de conocimiento e implicación por parte de la plantilla, los clientes y las comunidades del entorno?</p>	Alta	<p>Muchos de los impactos potenciales del cambio climático sobre esta línea se sufren en la actualidad, como por ejemplo, las precipitaciones intensas y los fuertes vientos, llevándose a cabo diversas acciones para minimizar daños posibles (reducción del límite de velocidad de los trenes, trasbordos de pasajeros, etc.). Esta situación ha motivado que los responsables de esta línea hayan adquirido un alto nivel de conocimiento de cómo el clima puede impactar en su servicio y cómo actuar al respecto.</p>

En base a la información mostrada en la tabla anterior, la capacidad de adaptación resulta valorada como alta (CA3) para el servicio de transporte ferroviario entre Alicante y Barcelona. Partiendo de esta valoración de la capacidad de adaptación y de los valores de riesgo de cada impacto, se estima la vulnerabilidad actual y futura a los impactos climáticos en esta línea, que se muestra en el siguiente gráfico.

**Gráfico 1: Vulnerabilidad de la línea Alicante-Barcelona a los impactos climáticos.**

Fuente: elaboración propia.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).



El gráfico anterior muestra los resultados globales del análisis realizado, cruzando la valoración del riesgo (entre 0 y 100, de menor a mayor riesgo) y la capacidad de adaptación (de 1 a 7, de mayor a menor capacidad de adaptación).

**La mayor de las vulnerabilidades sería la correspondiente a los eventos extremos.** Ésta empezaría en un nivel muy bajo (nivel 1) en la actualidad, terminando en un nivel medio (nivel 3) en el último período del siglo XXI estudiado. Hay que apuntar que no se alcanzaría un nivel de vulnerabilidad mayor gracias a la existencia de servicios de mantenimiento de infraestructura ferroviaria, que contribuirían a facilitar la prestación normal del servicio en caso de afecciones por eventos extremos.

La vulnerabilidad al aumento de la temperatura se situaría en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), y terminaría en un nivel de vulnerabilidad medio (nivel 3), aunque casi bajo, a finales del siglo XXI.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

Como se ha ido detallando en los apartados anteriores, el cambio climático puede producir un cierto cambio en la distribución de los modos de transporte en Europa, impactando sobre la actividad de Renfe. Consciente de ello, este grupo empresarial ha llevado a cabo análisis para comprender mejor dichos impactos e identificar acciones para minimizarlos y aprovechar las oportunidades que se puedan presentar.

**Los riesgos físicos son la principal fuente de preocupación para el transporte ferroviario, debido a posibles accidentes o interrupciones del servicio, teniendo en cuenta además que España y el Sur de Europa serán las zonas más afectadas.**

La capacidad de adaptación es importante, debido al grado de conocimiento y preparación, aunque la flexibilidad operativa, por la naturaleza del negocio está limitada.

Debido a las implicaciones sociales y al carácter estratégico del sector, la adaptación autónoma no es una opción. Existen muchas ventajas para optar por una decisión planificada y basada en un seguimiento continuo de información.

En cuanto al análisis de vulnerabilidad llevado a cabo sobre la línea Alicante-Barcelona, hay que destacar que su **nivel de vulnerabilidad a los eventos extremos y al aumento de la temperatura** llegaría a un nivel medio en el último período del siglo XXI, lo que se debería a las repercusiones que tendrían las precipitaciones torrenciales y los fuertes vientos sobre la prestación del servicio, así como a la posible formación de garrotes en raíles causada por el aumento de las temperaturas máximas.

Se debe señalar que no se han detectado implicaciones del aumento del nivel del mar ni de la reducción de las precipitaciones para la operación de la línea Alicante-Barcelona.

## Recomendaciones

Siendo ésta la situación de Renfe, las recomendaciones para este grupo empresarial estarían orientadas a la profundización de los análisis de riesgos, oportunidades y vulnerabilidades llevados a cabo, y al desarrollo y la aplicación de una estrategia de adaptación al cambio climático, en cooperación con los gestores de infraestructuras ferroviarias.

Como se muestra en la figura siguiente, la profundización de los análisis de riesgos y vulnerabilidades permitirá un mayor conocimiento de cómo el cambio climático podría afectar al grupo empresarial.

Para hacer frente a los posibles riesgos asociados al cambio climático, se recomienda **identificar posibles opciones de adaptación en colaboración con los organismos a cargo de la gestión de infraestructuras ferroviarias**. De entre estas opciones de adaptación, se llevará a cabo una selección para su posterior implementación en base a los criterios que sean de mayor importancia para el grupo empresarial. Estos criterios pueden ser, por ejemplo los costes, los beneficios esperados, la existencia de sinergias o la compensación de efectos entre las diferentes medidas planteadas. Con las medidas seleccionadas, se elaborará una estrategia de adaptación del grupo empresarial, con un plan de acción que incluya una hoja de ruta para su implementación.

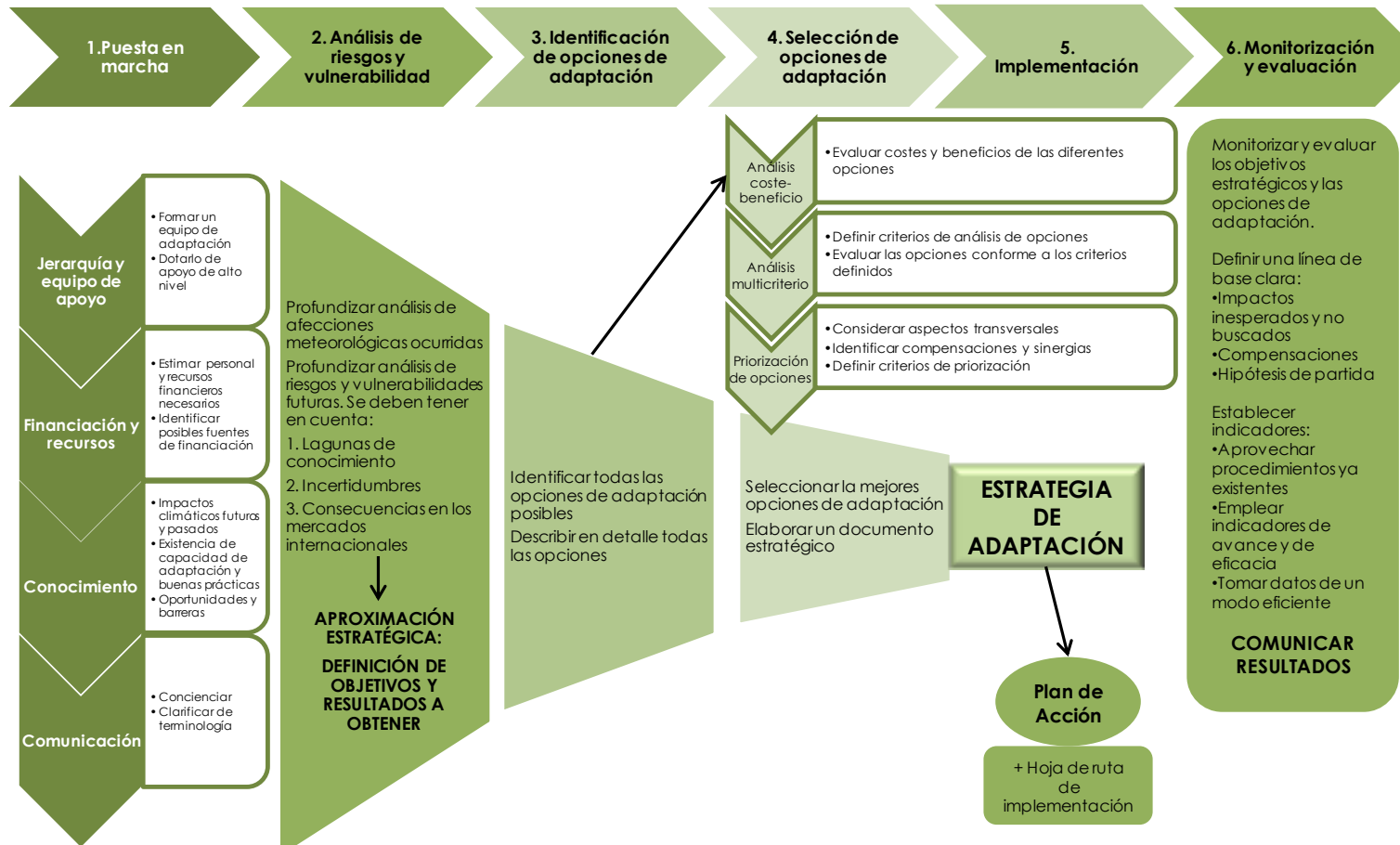
Se aconseja además **monitorizar y evaluar los costes y resultados** de la estrategia de adaptación. Para ello, es necesario definir una línea de base y unos indicadores de adaptación, cuya supervisión permitirá determinar la necesidad de modificación del plan de adaptación para el siguiente año, si los resultados obtenidos no son los esperados.

Es **fundamental la concienciación** dentro del grupo empresarial sobre los riesgos asociados al cambio climático, así como dar a conocer los resultados de la estrategia de adaptación. Esta práctica puede ayudar a generar confianza entre los inversores al mostrar cómo los riesgos del cambio climático son gestionados.

Además de lo anterior, se recomienda que la planificación estratégica general del grupo incluya la estrategia de adaptación, coincidiendo su diseño en el mismo momento y considerando las oportunidades ligadas a la adaptación al cambio climático. De este modo, es fácil adecuar la estrategia de adaptación de la empresa a las necesidades, objetivos y presupuestos del grupo empresarial.

**Figura 18: Recomendaciones a Renfe (I): profundización de análisis de riesgos, oportunidades y vulnerabilidad, y diseño e implementación de estrategia de adaptación al cambio climático.**

Fuente: adaptado de Guidelines on developing adaptation strategies<sup>58</sup>.



<sup>58</sup> Comisión Europea. Guidelines on developing adaptation strategies. 2013.

Aunque la mayor parte de las opciones de adaptación al cambio climático en el ámbito del transporte ferroviario recaerían sobre los gestores de infraestructuras, a continuación se presentan algunas opciones, únicamente a modo ilustrativo, para minimizar los impactos potenciales del cambio climático sobre el transporte por tren:

- Refuerzo de la coordinación y la cooperación entre los diferentes actores del transporte ferroviaria, de cara a mejorar la actuación ante impactos climáticos.
- Repaso exhaustivo de contingencias climáticas posibles, haciendo hincapié en las que menor cobertura tengan en los procedimientos de actuación en emergencias.
- Revisión de normativas y recomendaciones de diseño de infraestructuras, para hacerlas más resistentes a las precipitaciones intensas, en especial en puentes, viaductos y obras de tierras.
- Vigilancia del comportamiento del sistema carril-traviesas-sujeciones en altas temperaturas, y cambio del mismo por otro más resistente a altas temperaturas en caso de que su comportamiento pueda suponer un peligro para la seguridad ferroviaria.
- Revisión de capacidades de drenaje ante precipitaciones intensas, y construcción de nuevos sistemas de drenaje de mayor capacidad en caso de que estos se muestren insuficientes.
- Estudio de rutas alternativas en áreas en las que se presentan contingencias climáticas con periodicidad.

Por otra parte, en la guía “Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado” se presentan orientaciones sobre más opciones de adaptación para empresas del sector del transporte.

Respecto al análisis sobre el caso piloto de la línea de servicio, las recomendaciones estarían dirigidas hacia:

- Continuar implementando las acciones y prácticas que se llevan a cabo en la actualidad y que facilitan la adaptación al cambio climático, como, por ejemplo, las modificaciones puntuales de maquinaria o la aplicación de un exigente estándar de climatización.
- Aplicar, de modo conjunto con los gestores de las infraestructuras ferroviarias, las opciones de adaptación indicadas anteriormente que se consideren más adecuadas.
- Monitorizar los costes y resultados de las prácticas de adaptación llevadas a cabo, contrastándolos con datos de la climatología de cada año.
- Seguir investigando posibles opciones de adaptación, en especial para evitar las afecciones por eventos extremos. Analizar los posibles costes de implementarlas y los beneficios que se pueden obtener de las mismas.
- Seleccionar las opciones de adaptación con mejor relación coste-beneficio e incorporarlas a la prestación del servicio de transporte, monitorizando sus costes y resultados reales.

## 6. Referencias

- AEMET. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. 2009.
- AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.
- Agència Catalana de l'Aigua. Proyecciones climáticas para Cataluña. 2009.
- Baker, C. Climate change and the railways. 2010.
- Canadian National Roundtable on the Environment and the Economy. Climate Prosperity. Advisory Report. 2012.
- CEDEX. Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. 2013.
- CER. Climate Change and Standarization. A Sector Position Paper. 2012.
- Comisión Europea. Libro verde: De la comisión al consejo, al parlamento europeo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE hacia un marco europeo de actuación. 2007.
- Comisión Europea, Libro blanco. Adaptación al cambio climático: hacia un marco europeo de actuación, 2009.
- Comisión Europea. Impacts of Climate Change on Transport: a focus on road and rail transport infrastructures. 2012.
- Comisión Europea. Nemry, F., Demirel, H. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. 2012.
- Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commission staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013
- Comisión Europea. Guidelines on developing adaptation strategies. 2013.



- Comisión Europea. Comunicación de la Comisión "Adapting infrastructure to climate change", complementaria a la Estrategia Europea de adaptación al cambio climático. SWD (2013) 137 final. 2013.
- DEFRA. Glossary. Definitions for Adaptation Concepts. 2010.
- GEF, UNEP. Accessing international funding for Climate Change Adaptation. 2012.
- Generalitat de Catalunya. Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático. 2012.
- Generalitat Valenciana. Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático 2008-2012. 2008.
- Gobierno de Cantabria. Estrategia de Acción frente al Cambio Climático de Cantabria 2008-2012. 2008.
- Golombek, L. et al. Climate change impacts on electricity markets in Western Europe. 2011.
- Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Informe final. 2013.
- IPCC. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC sobre escenarios de emisiones. 2000.
- IPCC. Third Assessment Report. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2001.
- IPCC. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.
- IPCC. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

- IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. 2007.
- IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007.
- Junta de Andalucía. Programa Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012. Programa de Adaptación. 2007.
- Lavell, A. M. *et al.* Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability and resilience (en Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)). 2012.
- Ley 9/2010 de Aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Plan Hidrológico Nacional.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Folleto divulgativo del Segundo Programa de Trabajo del PNACC. 2010.
- OECC. Primer programa de trabajo del Plan nacional de adaptación al cambio climático. 2006.
- OECC. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, WP 2. 2008.
- OECC. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. 2009.
- OECC. Segundo programa de trabajo del Plan nacional de adaptación al cambio climático. 2009.
- Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático. Resumen Ejecutivo. Horizonte 2013-2020. 2012.
- PWC. Adapting to climate change in the infrastructure sectors. 2010.
- Rübberke, D. y Vögele, S. Distributional Consequences of the Climate Change Impacts on the Power Sector: who gains and who loses? 2011.

- Schneider, S.H., Semenov, S., Patwardhan, A., Burton, I., Magadza, C.H.D., Oppenheimer, M., Pittcock, A.B., Rahman, A., Smith, J.B., Suarez, A. y Yamin, F. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Climate Change 2007.
- UNFCCC. Glossary of climate change Acronyms. 2013.
- Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. (IPCC). The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. 1997.

## **Anexo. Cuestionario empleado para el análisis de detalle.**

A continuación se presenta el cuestionario empleado para obtener información sobre las afecciones climáticas de la línea objeto de análisis de detalle.

**FORMULARIO PARA RECOPIACIÓN DE DATOS  
LÍNEA DE SERVICIO DE TRANSPORTE:**

CUESTIONES	RESPUESTAS ( POR FAVOR, COMPLETE LAS CELDAS CON LA INFORMACIÓN NECESARIA)
<b>1. INFRAESTRUCTURA</b>	
<b>A. INFORMACIÓN GENERAL</b>	
<b>1.1</b> Nombre de la línea de servicio: Tipo de línea:	Alicante – Valencia – Barcelona Tramo de vía única entre Alicante y Bif. La Encina y entre Bif. Calafat y Tarragona
<b>1.2</b> Datos de contacto del encargado de operación de la línea:  Nombre: Teléfono: Email:	Jefe de Operaciones Corredor Mediterráneo Benito Gascón García 96-3537337, 619119703 bgascon@RENFE.es
<b>1.3</b> Localidades que conecta la línea de servicio: Localidades conectadas: Provincias que atraviesa la línea:	Alicante-Barcelona Alicante-Barcelona Alicante- Albacete-Valencia-Castellón de la Plana-Tarragona-Barcelona
<b>1.4</b> Descripción general de la línea: Longitud de la línea de servicio: Volumen de viajeros o mercancías transportados al año en la línea en cuestión: Propietario de la infraestructura ferroviaria: Responsable de administración y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria:	521.9 1.800.000 viajeros datos del 2012. Ministerio de Fomento Adif
<b>1.5</b> Fecha de comienzo de prestación del servicio (año):	1941

<b>B. RIESGOS</b>	
<b>1.6</b> Indicar si la infraestructura está sujeta a riesgos potenciales de inundación, deslizamientos, nevadas intensas u otros fenómenos. ¿Pasa la infraestructura por algún área con las siguientes características? (Indicar cuáles).	
Línea de costa:	no
Zonas sujetas a inundaciones fluviales frecuentes:	no
Laderas pronunciadas de montaña:	no
Zonas de vientos fuertes:	Sí, zona de Vinarós a Tarragona
Zonas con frecuentes incendios forestales:	No, pero relacionados con los vientos
Zonas de montaña o temporalmente sujetas a intensas nevadas:	no
<b>1.7</b> Describa cualquier otro aspecto relacionado con el recorrido de la línea que pueda contribuir al nivel de riesgo hidro-climático:	Atraviesa la región de Levante afectada por riesgo climatológico de "gota fría" y episodios de nevadas esporádicos en la zona de Villena a Xátiva.
<b>C. ASPECTOS CLIMÁTICOS</b>	
<b>1.8</b> Temperaturas mensuales durante el año en el lugar más cálido atravesado por la línea:	Localización: Xátiva Temperatura promedia anual __32__ °C Máximo __44__ °C en el mes de __julio y agosto__ Mínimo __0_ °C en el mes de __enero y febrero__
<b>1.9</b> Temperaturas mensuales durante el año en el lugar más frío atravesado por la línea:	Localización: Villena Temperatura promedia anual _28__ °C Máximo __38__ °C en el mes de __julio y agosto__ Mínimo __-4_ °C en el mes de __enero y febrero__

<p><b>1.10</b> Precipitación durante el año en el lugar más húmedo en mm:</p>	<p>Localización:  Promedio anual ____ mm  Máximo ____ mm; en el mes de ____  Mínimo ____ mm; en el mes de ____</p>
<p><b>1.11</b> Precipitación durante el año en el lugar más seco en mm:</p>	<p>Localización:  Promedio anual ____ mm  Máximo ____ mm; en el mes de ____  Mínimo ____ mm; en el mes de ____</p>
<p><b>1.12</b> Precipitación máxima en períodos de tiempo cortos registrada en la línea o en las cercanías del trazado:  (indíquense valores correspondientes a períodos de retorno cortos)</p>	<p>Localización:  Máxima en 24 horas: ____ mm, con un período de retorno de ____ años  Máxima en 48 horas: ____ mm, con un período de retorno de ____ años</p>
<p><b>1.13</b> ¿Atraviesa la línea más áreas con precipitaciones elevadas en períodos de tiempo cortos similares a la localización anterior?</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí  <input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>1.14</b> En caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿cuáles?  .</p>	<p>En los últimos años se han producido episodios de lluvias cortas si no a lo largo de la línea si en las inmediaciones que por arrastre han provocado incidencias en la misma por ejemplo en la ciudad de Alicante y en la localidad de Salóu y Vilaseca provincia de Tarragona</p>
<p><b>1.13</b> Velocidad máxima del viento (metros por segundo) registrada en la línea</p>	<p>110 Km/h en la zona de la desembocadura del río Ebro.</p>
<p><b>1.14</b> Si existen climogramas de referencia para las localidades más húmeda, más seca, más fría y más cálida atravesadas por la línea, con información gráfica de los valores mensuales de temperatura y precipitación, por favor suministrar de forma anexa a este documento.</p>	

<p><b>1.15</b> Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas más cercanas a las localidades más húmeda, más seca, más cálida y más fría de la línea.</p> <p>¿Quién es responsable de su gestión? ¿Existe información disponible en la red?</p>	<p>Localidad más húmeda:</p> <p>Localidad más seca:</p> <p>Localidad más fría:</p> <p>Localidad más cálida:</p>
<b>2. PLANIFICACIÓN A NIVEL DE LÍNEA FRENTE A EVENTOS METEOROLÓGICOS Y RIESGOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	
<p><b>2.1</b> Indique si existe un Plan de Gestión de Riesgos para la línea y los trenes que prestan servicio en ella (o un Plan de Emergencia y/o Evacuación). En caso afirmativo, y en caso de que exista en formato electrónico, anexar a este cuestionario.</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>2.2</b> Indique si el plan ha tenido en cuenta los riesgos climáticos.</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>2.3</b> En caso afirmativo, en los siguientes puntos, valore del 1 al 10 la consideración de los riesgos relacionados con los siguientes aspectos, siendo 1 (nada) y 10 (totalmente):</p>	
<p>(i) La interrupción del servicio en un punto intermedio de la línea, o la imposibilidad de prestación del servicio</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>Valoración de 1 a 10: <u>  10  </u></p>
<p>(ii) La variación de demanda del servicio</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>Valoración de 1 a 10: <u>  3  </u></p>
<p>(iii) El funcionamiento de locomotoras y de los diferentes equipos de los trenes en general</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>Valoración de 1 a 10: <u>  3  </u></p>
<p><b>2.4</b> Indique los componentes de las locomotoras y los equipos de los trenes considerados bajo riesgos de impactos climáticos:</p>	<p>Frenos, convertidores eléctricos, resistencias, elementos de enganche y acoplamiento etc.</p>
<p><b>2.5</b> ¿Se han evaluado las implicaciones económicas del cambio climático sobre el servicio?</p>	<p>No</p>



<p><b>2.6</b> Indicar las medidas específicas planificadas, y las acciones llevadas a cabo, para reducir los riesgos identificados en el Plan de Gestión de Riesgos:</p>	<p>En el Plan Anual de Prevención de Incendios Forestales se realizan las siguientes acciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reuniones de coordinación con ADIF y con las CCAA</li> <li>2. Sondeos de inspección al material</li> <li>3. Implantación de dispositivo de detección de presión residual a locomotoras</li> <li>4. Revisión de trenes de mercancías por parte del Área de Fabricación-Mantenimiento</li> <li>5. Implantación de zapatas de compuesto</li> <li>6. Revisiones por parte de Mercancías a sus trenes y acompañamientos</li> </ol> <p>En otros planes se llevan a cabo las siguientes acciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reuniones semestrales de medidas anticiclo</li> </ol>
<p><b>2.7</b> En caso afirmativo, indicar actuaciones e inversiones previstas.</p>	<p>Cada año se realizan las acciones del Plan Anual de Prevención de Incendios Forestales, entre otras.</p>
<p><b>2.8</b> En caso negativo, indicar los motivos de no haberlo planificado, o implementado, acciones de reducción de riesgo:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.</li> <li>2.</li> </ol>
<p><b>2.9</b> En caso de que hasta el momento no se hayan considerado aspectos climáticos en la operación y mantenimiento de la línea de servicio hasta el momento, ¿es posible que se consideren a futuro?</p>	
<p><b>3. IMPACTOS DE LA TEMPERATURA DEL AIRE (OLAS DE FRÍO Y OLAS DE CALOR)</b></p>	
<p><b>3.1</b> Indique si considera que la temperatura del aire puede tener un efecto importante en las condiciones de demanda de uso y operación de la línea de servicio.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<p><b>3.2</b> Valore los efectos derivados de la temperatura del 1 al 10 (considerando 1 como sin efecto y 10 como con gran efecto).</p>	<p>Valoración de 1 a 10: <u>  6  </u></p>
<p><b>3.3</b> Describa los efectos perceptibles de la temperatura sobre la demanda de uso y operación de la línea de transporte, así como sobre los trenes, en relación a incrementos o reducciones importantes valores de parámetros clave.</p>	

<b>3.4</b> Suministrar información sobre situaciones de olas de frío y calor en las que podría resultar afectada la demanda de uso y operación de la línea (ola de frío en una cierta localidad, por ejemplo).	
<b>3.5</b> Indique si considera que la formación de hielo y/o la acumulación de nieve pueden tener un efecto importante en los trenes y/o en la prestación del servicio de la línea.	Si.
<b>3.6</b> Valore los efectos derivados de la formación de hielo y/o acumulación de nieve del 1 al 10 (considerando 1 como sin efecto y 10 como con gran efecto).	8
<b>3.7</b> Describa los efectos perceptibles de la acumulación de hielo y/o acumulación de nieve sobre los trenes y/o la prestación del servicio.	Congelación de los sistemas de rodadura, órganos de freno, dificultades de utilización de los cambiadores de ancho si existen.
<b>3.8</b> Suministrar información sobre los valores máximos de acumulación de hielo y/o acumulación de nieve que hayan afectado el uso, la operación y mantenimiento de los trenes.	Hasta 30 cm sobre el carril.
<b>3.9</b> En caso de disponer de información al respecto, suministrar información de las repercusiones económicas de algún evento de acumulación de nieve y/o nieve.	
<b>3.10</b> ¿Se ha producido algún episodio específico en el que una ola de calor o frío haya afectado la demanda de uso o la prestación de servicio de la línea?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>3.11</b> Si hay información disponible, suministrar datos sobre el evento, indicando la fecha de ocurrencia.	

<p><b>3.12</b> Describa la frecuencia actual de de ocurrencia de estos eventos, y su duración típica. Indique si percibe que la frecuencia o duración de eventos está aumentando, o cambiando de alguna forma.</p>	<p>Evento 1: Nieve</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia: anual</li> <li>- Duración: 2 ó 3 días</li> <li>- ¿Se percibe que la frecuencia y/o duración está aumentando o cambiando de alguna forma? No.</li> </ul> <p>Evento 2: vientos e incendios (relacionados)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia: 2 ó 3 veces año</li> <li>- Duración: 2 ó 3 días</li> <li>- ¿Se percibe que la frecuencia y/o duración está aumentando o cambiando de alguna forma?</li> </ul>
<p><b>3.13</b> Indicar las posibles modificaciones de los trenes empleados en la línea para adaptarse a posibles alteraciones climáticas de este tipo.</p>	<p>Se ha procedido al cambio de material de trenes que los convertidores eléctricos no los lleven debajo para evitar su afectación por ejemplo de nieve</p>
<p><b>3.14</b> Describa las medidas previstas para mantener la prestación del servicio y la operación de los trenes de un modo adecuado en caso de olas de calor, frío y nevadas intensas.</p>	<p>1. Normalmente se suele cambiar el material, diesel por eléctrico, se hacen transbordos por el tramo afectado y muy esporádicamente se suspende el servicio</p>
<p><b>4. IMPACTOS DEL RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN ANUAL, ESTACIONAL Y MENSUAL</b></p>	
<p><b>4.1</b> Indique si considera que los cambios en el régimen de precipitación anual pueden tener un efecto importante en la demanda de servicio y operación de la línea</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>
<p><b>4.2</b> Valore los efectos derivados de la precipitación del 1 al 10 (considerando 1 como sin efecto y 10 como con gran efecto).</p>	<p>Valoración de 1 a 10: <u>3</u></p>
<p><b>4.3</b> Describa los efectos perceptibles de la precipitación sobre la demanda de servicio (tanto por un aumento, como por defecto).</p>	<p>Generalmente al ser situaciones imprevistas e incidentales, el efecto inmediato sobre el viajero es el descontento general.</p>

<p><b>4.4</b> Describa si la tendencia actual en el volumen de precipitación (anual, estacional y mensual) en algunas localidades conectadas por la línea de servicio se está reduciendo o aumentando, o cambiando de alguna forma.</p>	<p>Evento 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localidad:</li> <li>- Frecuencia:</li> <li>- Duración</li> <li>- ¿Se percibe que la frecuencia y/o duración está aumentando o cambiando de alguna forma?</li> </ul> <p>Evento 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localidad:</li> <li>- Frecuencia:</li> <li>- Duración</li> <li>- ¿Se percibe que la frecuencia y/o duración está aumentando o cambiando de alguna forma?</li> </ul>
<p><b>4.5</b> Describa las medidas previstas para gestionar posibles riesgos derivados.</p>	<p>1. 2.</p>
<p><b>5. FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS: LLUVIAS EXTREMAS</b></p>	
<p><b>5.1</b> Indique si considera que el fenómeno puede tener un efecto importante en la prestación del servicio (considerando que las lluvias extremas pueden ser causa de inundaciones, grandes avenidas de agua y corrimientos de tierras, afectando, entre otros, a las infraestructuras ferroviarias).</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>5.2</b> Valore los efectos derivados del fenómeno del 1 al 10 (considerando 1 como sin efecto y 10 como con gran efecto).</p>	<p>Valoración de 1 a 10: <u>8</u></p>
<p><b>5.3</b> Describir los efectos perceptibles en la prestación del servicio.</p>	<p><b>Retrasos importantes y muy esporádicamente suspensión del servicio</b></p>
<p><b>5.4</b> ¿Se han producido episodios de lluvias extremas que hayan afectado a la prestación del servicio?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>5.5</b> Suministrar información sobre algún episodio específico particularmente impactante:</p>	<p><u>Avenida de agua en la estación de Alicante y de Salou</u></p>

<p><b>5.6</b> En caso de disponer de información al respecto, suministrar información de las repercusiones económicas de algún episodio concreto de lluvias extremas.</p>	
<p><b>5.7</b> Describa la frecuencia actual de de ocurrencia de estos eventos, y su duración típica. Indique si percibe que la frecuencia o duración de estos eventos está aumentando, o cambiando de alguna forma.</p>	<p>Evento 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localidad:</li> <li>- Frecuencia:</li> <li>- Duración</li> <li>- ¿Se percibe que la frecuencia y/o duración está aumentando o cambiando de alguna forma?</li> </ul> <p>Evento 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localidad:</li> <li>- Frecuencia:</li> <li>- Duración</li> <li>- ¿Se percibe que la frecuencia y/o duración está aumentando o cambiando de alguna forma?</li> </ul>
<p><b>5.8</b> Indicar posibles modificaciones a implementar en la prestación del servicio o en los trenes para adaptarse a posibles alteraciones en la severidad o frecuencia de estos eventos.</p>	
<p><b>5.9</b> Describa las medidas previstas para gestionar posibles riesgos derivados.</p>	
<p><b>6. INFORMACIÓN ADICIONAL EN RELACIÓN A OTROS IMPACTOS</b></p>	
<p><b>6.1</b> En caso de que se encuentre disponible, añada información adicional sobre otros aspectos que considere relevantes en relación al efecto del cambio climático sobre el uso y operación de la línea.</p>	
<p><b>6.2</b> En caso de existir, ¿cómo afectan las variaciones estacionales del uso de la línea?</p>	

<p><b>6.3</b> ¿Han tenido en algún momento problemas de prestación del servicio por variaciones de uso debidas a causas de índole climática?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>6.4</b> En caso afirmativo, suministrar información sobre los eventos ocurridos.</p>	<p>Existe un desplazamiento en el calendario de eventos, lo que se producía en Septiembre u octubre, ahora ocurre en febrero o marzo.</p>
<p><b>6.5</b> En caso de existir, ¿cómo afectan los fuertes vientos al suministro de electricidad a la locomotora y a la prestación del servicio?</p>	<p>En algunos casos se interrumpe el suministro y se implantan limitaciones de velocidad entre 60 y 80 km/h.</p>
<p><b>6.6</b> ¿Han tenido en algún momento problemas de prestación del servicio o de fallos de suministro eléctrico debidos a fuertes vientos?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>6.7</b> En caso afirmativo, suministrar información sobre los eventos ocurridos.</p>	<p>Zona sierra recurrente: el tramo entre Hospitales del Infant a Cambrils, por el término de Montroig del Campo, con al menos 4 incendios en los últimos dos años.</p>
<p><b>6.8</b> ¿Afectan los cambios de temperatura en olas de calor y frío a diferentes aspectos del funcionamiento de la locomotora y el tren (rendimiento de motores, consumo energético de climatización...)?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p><b>6.9</b> En caso afirmativo, explicar brevemente las afecciones.</p>	<p>Principalmente a los elementos de climatización del tren.</p>



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE